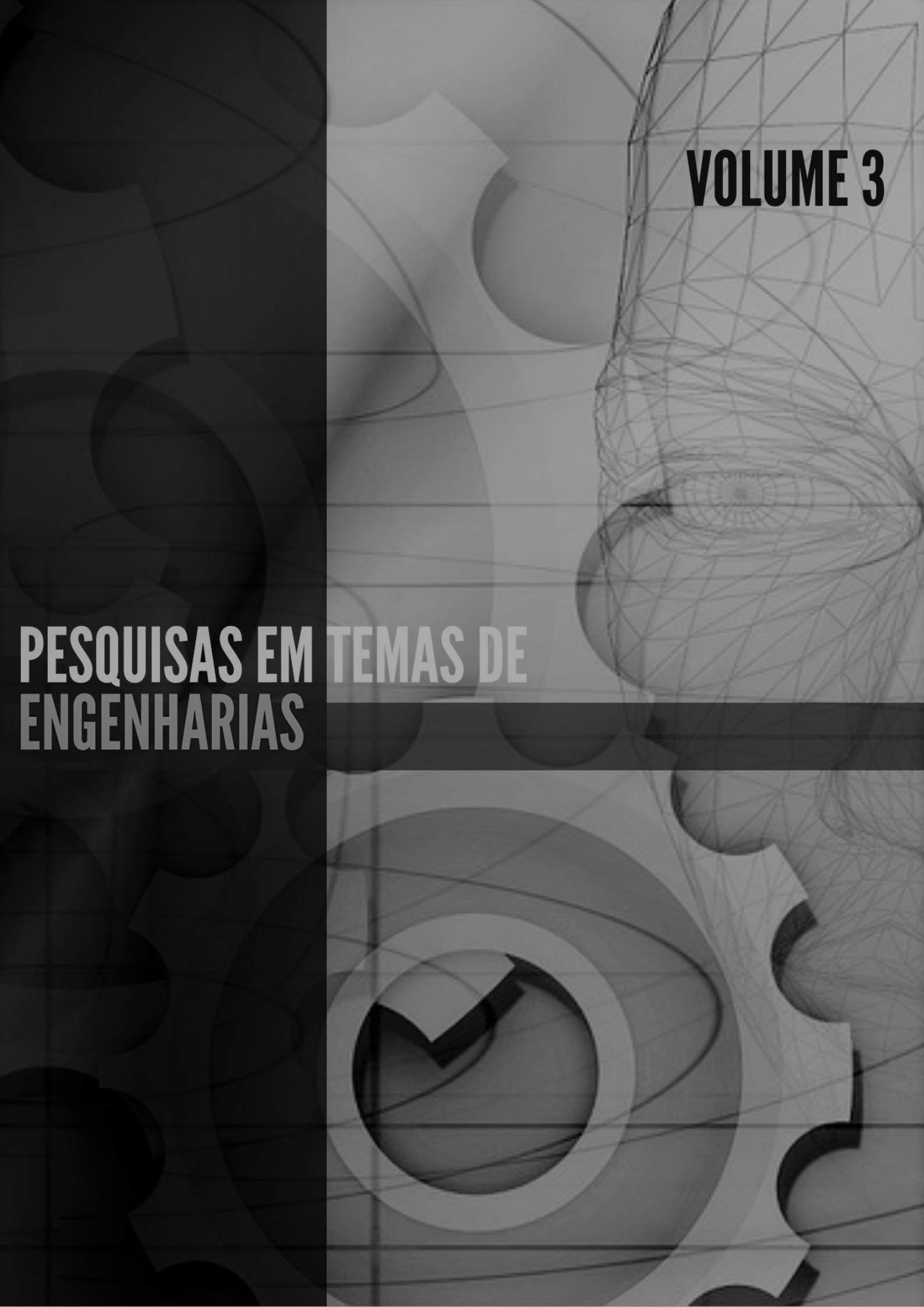
Rfb Editora

VOLUME 3

PESQUISAS EM TEMAS DE ENGENHARIAS

Ednilson Sergio Ramalho de Souza
(Editor)



VOLUME 3

PESQUISAS EM TEMAS DE ENGENHARIAS

Copyright © 2021 da edição brasileira.
by RFB Editora.

Copyright © 2021 do texto.
by Autores.
Todos os direitos reservados.

Todo o conteúdo apresentado neste livro, inclusive correção ortográfica e gramatical, é de responsabilidade do(s) autor(es).

Obra sob o selo *Creative Commons*-Atribuição 4.0 Internacional. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

Conselho Editorial:

Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza - UFOPA (Editor-Chefe).

Prof.ª Drª. Roberta Modesto Braga - UFPA.

Prof. Dr.Laecio Nobre de Macedo - UFMA.

Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida - UFOPA.

Prof.ª Drª. Ana Angelica Mathias Macedo - IFMA.

Prof. Me. Francisco Robson Alves da Silva - IFPA.

Prof.ª Drª. Elizabeth Gomes Souza - UFPA.

Prof.ª Dra. Neuma Teixeira dos Santos - UFRA.

Prof.ª Me. Antônia Edna Silva dos Santos - UEPA.

Prof. Dr. Carlos Erick Brito de Sousa - UFMA.

Prof. Dr. Orlando José de Almeida Filho - UFSJ.

Prof.ª Drª. Isabella Macário Ferro Cavalcanti - UFPE.

Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares - UFPI.

Prof.ª Drª. Welma Emidio da Silva - FIS.

Diagramação e design da capa:

Pryscila Rosy Borges de Souza.

Imagens da capa:

www.canva.com

Revisão de texto:

Os autores.

Bibliotecária:

Janaina Karina Alves Trigo Ramos

Assistente editorial:

Manoel Souza.

Home Page: www.rfbeditora.com.
E-mail: adm@rfbeditora.com.
Telefone: (91) 98885-7730.
CNPJ: 39.242.488/0001-07.
R. dos Mundurucus, 3100, 66040-033, Belém-PA.

Ednilson Sergio Ramalho de Souza
(Editor)

Volume 3

PESQUISAS EM TEMAS DE ENGENHARIAS

Edição 1

Belém-PA

Rfb Editora

2021

https://doi.org/10.46898/rfb.9786558890379

Catalogação na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

P474

Pesquisas em temas de engenharias / Ednilson Sergio Ramalho de Souza (Editor) – Belém: RFB, 2021.

(Pesquisas em temas de engenharias, V.3)

Livro em PDF

450 p., il.

ISBN 978-65-5889-037-9
DOI 10.46898/rfb.9786558890379

1. Engenharia. 2. Meio ambiente. 3. Amazônia. 4. Desmatamento. 5. Ensino. 6. Educação. I. Souza, Ednilson Sergio Ramalho de (Editor). II. Título.

CDD 620

Índice para catálogo sistemático

I. Engenharia

Nossa missão é a difusão do conhecimento gerado no âmbito acadêmico por meio da organização e da publicação de livros digitais de fácil acesso, de baixo custo financeiro e de alta qualidade!

Nossa inspiração é acreditar que a ampla divulgação do conhecimento científico pode mudar para melhor o mundo em que vivemos!

Equipe RFB Editora

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO **11**
Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza

CAPÍTULO 1
ANÁLISE DE DADOS EM PAINEL PARA A AVALIAÇÃO DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL **13**
Fernanda Bento Rosa Gomes
Otávio Eurico de Aquino Branco
Mariana C. Coelho Silva Castro
Samuel Rodrigues Castro
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.1

CAPÍTULO 2
AVALIAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DOS MANANCIAIS DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO POR AGROTÓXICOS NÃO LISTADOS NO PADRÃO DE POTABILIDADE BRASILEIRO **31**
Fernanda Bento Rosa Gomes
Taciane de Oliveira Gomes de Assunção
Emanuel Manfred Freire Brandt
Renata de Oliveira Pereira
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.2

CAPÍTULO 3
TECNOLOGIA NO AMBIENTE ESCOLAR: IMPLANTAÇÃO DE APLICATIVO EM ESCOLAS DA REDE PRIVADA DE ENSINO PARA MELHORIA DA GESTÃO ACADÊMICA DO DOCENTE **45**
Marina de Oliveira Guimarães
Fernando Figueiredo de Abreu Júnior
Igor Leão dos Santos
Cristina Gomes de Souza
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.3

CAPÍTULO 4
SEIS SIGMA - QUALIDADE E COMPETITIVIDADE **61**
Hugo Silva Ferreira
Ronnan Hudson Jardim de Melo
Anderson Augusto Oliveira
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.4

CAPÍTULO 5
PROJETO DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL USANDO ASSISTENTE DE VOZ INTELIGENTE **73**
André Luís da Silva Sampaio
Odenilton da Costa Silva
Márlison Santos de Sá
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.5

CAPÍTULO 6
USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA O MAPEAMENTO HIPSOMÉTRICO DO MUNICÍPIO DE SANTARÉM (OESTE DO ESTADO DO PARÁ) APLICADO AO ESTUDO DE PROCESSOS EROSIVOS **89**
Camila Nascimento Alves

Beatriz Dutra Sarges
Edina Silva Almeida
Igor Bismarck Oliveira de Alencar
Larissa Nascimento de Souza
Pedro Henrique Valente Alves
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.6

CAPÍTULO 7
ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO "OFF-GRID" NA ESCOLA NOSSA SENHORA APARECIDA, EM PIXUNA DO TAPARÁ – SANTARÉM-PA, BRASIL 101
João Fernando Ferreira da Silva
Marlon Ramos Branco
Márlison Santos de Sá
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.7

CAPÍTULO 8
ESTUDO COMPARATIVO DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID E O SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR NO RESIDENCIAL SALVAÇÃO, SANTARÉM-PÁ, BRASIL 119
Daniel Costa do Vale
Jefferson Júnior Cavalcante de Araújo
Márlison Santos de Sá
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.8

CAPÍTULO 9
DEFEITOS EM MÁQUINAS ELÉTRICAS NAS OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA NA OPERAÇÃO XINGU – ITAITUBA - PA.....135
Marcelo da Câmara Fernandes Dias
Márlison Santos de Sá
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.9

CAPÍTULO 10
COMPORTAMENTO DO DIELÉTRICO DE UM DISJUNTOR DE 145 KV SUBMETIDO A UM POTENCIAL ELÉTRICO EM SANTARÉM-PA, BRASIL 151
Marinaldo Pantoja da Silva
Márlison Santos de Sá
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.10

CAPÍTULO 11
TÉCNICAS PREVENTIVAS E DE RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO- UM LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO 165
Amadeu da Silva Cunha Júnior
Ricardo Vitor Pereira da Rocha
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.11

CAPÍTULO 12
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CONCRETO USINADO E CONCRETO PRODUZIDO NO CANTEIRO DE OBRA 183
Carlos Adriel Silveira dos Reis
Danilo Tafarel Cunha Batista
Engº Marlyson Jose Silveira Borges
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.12

CAPÍTULO 13
CONSTRUÇÃO DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E SUAS FALHAS.....199
Arlisson Silva Sousa
Fernando Wyllian Imbeloni Simoes Pantoja
Ricardo Vitor Pereira da Rocha
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.13

CAPÍTULO 14
ESTUDO DAS VARIAÇÕES DE TENSÃO EM UMA UNIDADE CONSUMIDORA DE ENERGIA ELÉTRICA, ATENDIDA EM BAIXA TENSÃO, NA CIDADE DE SANTARÉM, OESTE DO PARÁ, BRASIL.....209
Celso Luiz de Sousa Andrade
Clécio Tabaraná da Silva
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.14

CAPÍTULO 15
VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO CONCRETO LATERÍTICO EM RELAÇÃO AO CONCRETO CONVENCIONAL.....227
Gabriel Souza De Almeida
Roberto Carlos Rodrigues De Souza
Marlyson Jose Silveira Borges
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.15

CAPÍTULO 16
ANÁLISE DE CUSTOS DE UMA ESTRUTURA DE SEIS PAVIMENTOS DE ACORDO COM OS TIPOS DE LAJES 251
Allan Dállen Almeida de Sousa
Enok Rocha da Silva
Júlio Fernandes Ramos Azevedo
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.16

CAPÍTULO 17
GANHO DE PRODUÇÃO ELÉTRICA UTILIZANDO O SISTEMA SEGUIDOR SOLAR DE EIXO VERTICAL 267
Gean Gilberto Galante
Márlison Santos de Sá
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.17

CAPÍTULO 18
ANÁLISES DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS GERADAS EM DECORRÊNCIA DE RECALQUE DIFERENCIAL - IGREJA DE FREI RAINÉRIO NO MUNICÍPIO DE SANTARÉM, PARÁ.....283
Gabriel Rêgo Bentes
Rayny Adriane de Aguiar Cruz
Cláudio Dornelis de Freitas Cardoso
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.18

CAPÍTULO 19
ANÁLISE COMPARATIVA DA INCORPORAÇÃO DO PLÁSTICO NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS UTILIZADOS NA PAVIMENTAÇÃO.....301
Adriana Scherer
Cláudio Dornelis de Freitas Cardoso
Paulo da Silva Sousa Júnior
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.19

CAPÍTULO 20
ANALISE DA DURABILIDADE DAS CINZAS DE CAROÇO DE AÇAÍ NA PRODUÇÃO DE CONCRETO SUSTENTÁVEL 315
Rebeca Helena Bentes Serra
Sara Silva de Lima
Marlysson José Silveira Borges
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.20

CAPÍTULO 21
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTAÇÃO DO TIPO RÍGIDO E FLEXÍVEL NO MUNICÍPIO DE JURUTI-PÁ 331
Victtória Coelho de Souza Lima
Ricardo Vitor Pereira da Rocha
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.21

CAPÍTULO 22
O USO DE EPS - POLIESTIRENO EXPANDIDO NA CONSTRUÇÃO CIVIL 345
Brenda Julya da Silva Queiroz
Allan Dallen Almeida de Sousa
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.22

CAPÍTULO 23
ANALISE COMPARATIVA ENTRE ARGAMASSA POLIMÉRICA E ARGAMASSA CONVENCIONAL EM ASSENTAMENTO DE BLOCOS CERÂMICOS.....355
Allan Dállen Almeida de Sousa
André Lucas Souza Freitas
Carlos Ricardo Dezincourt
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.23

CAPÍTULO 24
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL - RCC 369
Cássia Bruna Torres Speck
Marlyson José Silveira Borges
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.24

CAPÍTULO 25
ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS COMPARATIVAS DA MADEIRAS PLÁSTICA DERIVADA DO LIXO E A MADEIRA CONVENCIONAL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL 383
Bernaldo Sousa Ribeiro Neto
Rafaela Nicolau dos Santos
Welton Nogueira da Silva
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.25

CAPÍTULO 26
REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE SANTARÉM – PA.....399
Nayara Pereira Damasceno
Rafaela dos Nicolau dos Santos
Raiana Tavares Ribeiro
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.26

CAPÍTULO 27
BEHAVIOR OF RHEOLOGICAL PROPERTIES BY APPLYING TONER POWDER IN ASPHALT MIXTURES 411
Jéssica Wanderley Souza do Nascimento
Caíque Assunção dos Santos
Allefy Teles Sampaio
Filipi Magalhães de Queiroz
Thiago de Albuquerque Barreto
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.27

CAPÍTULO 28
DESENVOLVIMENTO DE UM SEGUIDOR SOLAR DE DOIS EIXOS BASEDO EM ARDUINO 429
João Victor Rebelo Viana
Márlison Santos de Sá
DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.28

ÍNDICE REMISSIVO.....445

APRESENTAÇÃO

Prezad@s,

Satisfação! Esse é o sentimento que vem ao meu ser ao escrever a apresentação deste delicioso livro. Não apenas porque se trata do volume 3 da Coleção Pesquisas em Temas de Engenharias, publicado pela RFB Editora, mas pela importância que essa área possui para a promoção da qualidade de vida das pessoas.

Segundo a Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), fazem parte dessa área: Engenharia de Minas, Engenharia de Materiais e Metalúrgica, Engenharia Química, Engenharia Nuclear, Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção, Engenharia Naval e Oceânica, Engenharia Aeroespacial, Engenharia Elétrica, Engenharia Biomédica. Tal área suscita, portanto, uma gama de possibilidades de pesquisas e de relações dialógicas que certamente podem ser relevantes para o desenvolvimento social brasileiro.

Desse modo, os artigos apresentados neste livro - em sua maioria frutos de árduos trabalhos acadêmicos (TCC, monografia, dissertação, tese) - decerto contribuem, cada um a seu modo, para o aprofundamento de discussões na área de Engenharia, pois são pesquisas germinadas, frutificadas e colhidas de temas atuais que vêm sendo debatidos nas principais universidades brasileiras e que refletem o interesse de pesquisadores no desenvolvimento social e científico que possa melhorar a qualidade de vida de homens e de mulheres.

Acredito, verdadeiramente, que a ampla divulgação do conhecimento científico de qualidade pode mudar para melhor o mundo em que vivemos!

Esse livro é parte singela da materialização dessa utopia.

Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza

Editor-Chefe

CAPÍTULO 1

ANÁLISE DE DADOS EM PAINEL PARA A AVALIAÇÃO DO DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL

DEFORESTATION IN LEGAL AMAZON: A PANEL DATA ANALYSIS OF POTENTIAL INTERFERERS

Fernanda Bento Rosa Gomes[1]
Otávio Eurico de Aquino Branco[2]
Mariana C. Coelho Silva Castro[3]
Samuel Rodrigues Castro[4]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.1

1 Universidade Federal de Juiz de Fora. fernanda.bento@engenharia.ufjf.br
2 Universidade Federal de Juiz de Fora. otavio.branco@ufjf.edu.br
3 Universidade Federal de Juiz de Fora. mariana.castro@ufjf.edu.br
4 Universidade Federal de Juiz de Fora. samuel.castro@ufjf.edu.br

RESUMO

O conhecimento sobre os fatores significativos que levam às alterações ambientais pode ser uma ferramenta de interesse para guiar ações prioritárias de gestão, sustentabilidade e minimização de impactos. Nesse sentido, este trabalho sugere o uso da análise de dados em painel em avaliações ambientais, propondo um modelo de regressão de dados em painel para o contexto da floresta amazônica, com o objetivo de avaliar o papel das atividades primárias sobre o desmatamento na Amazônia Legal entre 1988 e 2018. Para isso, as áreas desmatadas na Amazônia Legal foram avaliadas quanto às potenciais variáveis explanatórias: (i) área destinada ao cultivo de soja; (ii) área destinada ao cultivo de óleo de palma; (iii) pecuária; e (iv) lenha e extração de madeira. O modelo desenvolvido neste trabalho evidenciou a pecuária e o cultivo de óleo de palma como fatores significativos para o aumento das áreas desmatadas, bem como a contribuição de outros fatores além das atividades primárias no desmatamento da Amazônia de 1988 a 2018. A concordância dos resultados em relação à literatura evidencia a aplicabilidade e assertividade do método proposto. Essa abordagem pode ajudar os tomadores de decisão em vários outros campos da gestão ambiental.

Palavras-chave: Análise de regressão. Floresta Amazônica. Gado. Óleo de palma. Pecuária. Soja.

ABSTRACT

The knowledge on the significant factors that lead to environmental changes can be an attractive tool for directing priority actions of management, sustainability and impact minimization. In this regard, this work suggests the use of panel data analysis in environmental assessments, proposing a panel data regression model for the context of the Amazon forest, aiming to evaluate the role of primary activities over deforestation in Legal Amazon between 1988 and 2018. For this, the deforested areas in Legal Amazon were assessed regarding the potential explanatory variables: (i) area intended for soybean cultivation; (ii) area intended for palm oil cultivation; (iii) cattle ranching; and (iv) firewood and wood extraction. The model developed in this work evidenced cattle ranching and palm oil cultivation as significant factors for the increase of deforested areas, as well as the contribution of other factors besides primary activities in Amazon deforestation from 1988 to 2018. These results are in accordance with the literature, evidencing the applicability and assertiveness of the proposed method. This approach can help decision-makers of several other fields of environmental management.

Keywords: Amazon rainforest. Cattle. Livestock. Palm Oil. Regression analysis. Soybean.

1 INTRODUÇÃO

Comparada aos métodos de correlação e regressão usuais, a análise de regressão em painel pode fornecer uma abordagem mais ampla, uma vez que a avaliação dos efeitos de diferentes fatores sob um fenômeno contempla variações transversais e longitudinais (GUJARATI e PORTER, 2011). Assim, as análises de dados em painel podem ser muito úteis diante da heterogeneidade espaço-temporal dos fenômenos ambientais. Devido ao seu rigor metodológico, tais análises podem potencialmente oferecer resultados mais confiáveis e assertivos (DUARTE et al., 2007). Há uma ampla aplicação desse tipo de regressão na concepção de modelos econométricos em estudos socioeconômicos. No entanto, o uso de modelos de regressão de dados em painel em estudos ambientais ainda é modesto. Dessa forma, há um amplo campo a ser explorado neste contexto. Espera-se que a metodologia aplicada neste trabalho contribua com o processo de tomada de decisão, auxiliando a nortear ações prioritárias de gestão e conservação ambiental.

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo demonstrar a aplicabilidade de modelos de regressão de dados em painel em avaliações ambientais, por meio da concepção de um modelo que visou analisar o papel de atividades primárias sobre o desmatamento na Amazônia Legal. Além disso, também se discutiu a evolução das taxas de desmatamento de 1988 a 2018, bem como possíveis regionalidades e tendências temporais do desmatamento na Amazônia Legal.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Amazônia Legal

A Amazônia Legal compreende os estados do Acre (AC), Amapá (AP), Amazonas (AM), Mato Grosso (MT), Pará (PA), Rondônia (RO), Roraima (RR), Tocantins (TO) e parte do Maranhão (MA). Instituída pela Lei Federal nº 1.806/53 (BRASIL, 1953), possui área aproximada de 5,1 milhões de km², o que corresponde a 59,1% do território brasileiro. A região é caracterizada por baixo desenvolvimento socioeconômico e alta atividade agrícola, extrativista e pecuária (SUDAM, 2019).

A Amazônia é a maior floresta tropical do mundo. Com áreas de cobertura florestal maiores que 3,3 milhões de km² (BRASIL, 2019), estima-se que a Amazônia abrigue mais de 40.000 espécies de plantas (SILVA et al., 2005). Somente em 2016, aproximadamente 3,0 milhões de m³ de derivados de madeira de espécies nativas foram extraídos da floresta amazônica e destinados ao mercado brasileiro. Entre as principais espécies

lenhosas nativas comercializáveis estão *Manilkara huberi* (nome comercial: maçaranduba), *Goupia glabra* (nome comercial: cupiuba) e Erisma uncinatum (nome comercial: cedrinho). Além disso, cerca de 10.000 km² da Amazônia Legal são ocupados por florestas plantadas e 80% dessa área é destinada à monocultura de eucalipto (Brasil, 2019). A agricultura e a pecuária também são uma das principais atividades econômicas do bioma amazônico. Em 2018, o cultivo da soja representou 51% do valor da produção agrícola dos estados que compõem a Amazônia Legal, correspondendo a um montante de aproximadamente U$ 7,0 bilhões. No mesmo período, a pecuária foi responsável por uma produção bruta de cerca de U$ 5,0 bilhões nesses estados (BRASIL, 2018).

2.2 O monitoramento do desmatamento da Amazônia

O desmatamento da Amazônia, com a intenção de uso e ocupação do solo, não está diretamente relacionado a um único aspecto (ALENCAR et al., 2004). Sua motivação e dinâmica estão interligadas a diversos fatores, principalmente os de controle ambiental e econômico. Este último atingiu o pico em 1995 no contexto do Plano Real. Entre as causas que potencialmente levaram ao desmatamento neste bioma estão: construção de estradas, ocupação de terras no entorno de rodovias, expansão da agricultura e pecuária, agricultura familiar, extração de madeira e especulação de terras por grileiros (ALENCAR et al., 2004; FEARNSIDE, 2003; FEARNSIDE, 2006; FERREIRA et al., 2005; LAURANCE et al., 2004; SOARES-FILHO et al., 2004; SOARES-FILHO et al., 2005).

Atualmente, para melhorar o controle dessa situação, o Brasil conta com diversos projetos que visam monitorar o desmatamento na Amazônia Legal. O Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Brasileira (PRODES) monitora cortes rasos na Amazônia Legal por meio de satélites LANDSAT (INPE, 2020a). O DETER é um sistema que visa detectar mudanças na cobertura vegetal da Amazônia Legal em tempo real, servindo de base para fiscalização (INPE, 2020b). O DEGRAD mapeia áreas degradadas e vulneráveis ao desmatamento (INPE, 2020c). O projeto TerraClass qualifica o desmatamento na Amazônia Legal com base nas mudanças no uso e cobertura da terra (INPE, 2020d). Além disso, o Sistema Nacional de Controle de Origem de Produtos Florestais (IBAMA, 2020) visa promover o controle de produtos florestais no Brasil.

No entanto, apenas em 2019, mais de 10.000 km² de foram desmatados na Amazônia Legal (INPE, 2020a), evidenciando a necessidade de melhorar a efetividade da fiscalização.

2.3 Revisão de modelos econométricos aplicados à gestão e conservação ambiental

Modelos econométricos têm sido cada vez mais usados com o objetivo de avaliar os impactos das atividades antrópicas no meio ambiente (ARRAES et al., 2012; DINIZ et al., 2009; CHIU, 2012; SCRIECIU, 2007; CHENG et al., 2018; SALAME et al., 2016; ZHANG et al., 2017; AMARE et al., 2017; SCHMOOK e VANCE, 2009). Por meio dessas abordagens, é possível identificar fatores que contribuem significativamente para mudanças ambientais, sendo de extrema utilidade para fins de gestão, possibilitando simulações de possíveis cenários futuros e direcionando esforços prioritários.

No contexto do desmatamento, resultados relevantes de modelos econométricos podem ser citados. Amare et al. (2017) expuseram o papel desempenhado pelos pequenos agricultores no desmatamento no norte da Etiópia. Schmook e Vance (2009) evidenciaram a importância das políticas agrícolas para conter o desmatamento no sul do México. Chiu (2012) e Scrieciu (2007) evidenciaram a influência da renda real no desmatamento. Além disso, Arraes et al. (2012) propuseram um modelo de regressão linear para prever os fatores que contribuíram para diminuir o desmatamento no Brasil entre 1988 e 2002. Os autores evidenciaram que a presença de órgãos ambientais nos municípios, o desenvolvimento socioeconômico e o advento de leis regulatórias para a delimitação da expansão da fronteira agrícola foram fatores determinantes para reduzir o desmatamento. Diniz et al. (2009) apontaram uma causalidade de Granger bidirecional entre desmatamento e variáveis relacionadas à agropecuária e fatores socioeconômicos - tamanho do rebanho bovino, densidade do gado, culturas permanentes e temporárias, áreas destinadas à agricultura, educação, densidade demográfica e créditos agrícolas - durante 1997 a 2006. Demonstrando, assim, a efetiva influência da agropecuária no desmatamento da Amazônia durante esses anos, também o papel crucial desempenhado pelos órgãos de gestão ambiental na redução e prevenção do desmatamento.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

A Amazônia Legal é caracterizada por considerável heterogeneidade econômica, política e social. Em 2018, o estado do AC possuía uma floresta nativa de cerca de 144.065 km² (MAPBIOMAS, 2020), correspondendo a aproximadamente 88% de seu tamanho. No estado, a pecuária tem forte influência no setor primário da economia (RONIVALD et al. 2018), com aumento médio do rebanho de 8% ao ano de 1988 a 2018 (IBGE, 2020a). O AM é o maior estado da Amazônia Legal, compreendendo uma área de 1.559.167.889 km² (IBGE, 2020b), com uma floresta nativa estimada de 1.466.745.400

km² em 2018 (MAPBIOMAS, 2020). A extração de madeira e a pecuária estão entre as principais atividades lucrativas do setor primário no AM. Esses setores foram aumentados, respectivamente, em média 207% e 3% ao ano entre 1988 e 2018 (IBGE, 2020c; IBGE, 2020a). O AP é o menor estado da região, com quase 84% de sua extensão coberta por mata nativa (MAPBIOMAS, 2020). Tradicionalmente, a extração vegetal é a principal atividade primária na região (MILHEIRAS e MACE, 2018). Mas, desde 2013, tanto a extração de madeira quanto o cultivo da soja têm crescido (IBGE, 2020c; IBGE, 2020d).

Com o menor Produto Interno Bruto (PIB) per capita da região da Amazônia Legal, com cerca de U$ 2.302 por habitante em 2017 (IBGE, 2020b; IBGE, 2020e), o MA é também o estado com a segunda menor área nativa (aproximadamente 46.620 km² em 2018) (MAPBIOMAS, 2020), o que corresponde a 0,01% da sua extensão. A agricultura e a pecuária são apontadas como precursores para a redução da mata nativa do MA (CELENTANO et al., 2017). Nos últimos anos, a pecuária tem apresentado expansão considerável no estado, crescendo em média 3% ao ano entre 1988 e 2018 (IBGE, 2020a). Por outro lado, em 2017, o PIB per capita do MT era da ordem de U$ 6.710 (IBGE, 2020b; IBGE, 2020e), o maior entre os estados da Amazônia Legal. Além de apresentar a maior área destinada ao cultivo de soja e os maiores rebanhos bovinos (IBGE, 2020d; IBGE, 2020a), no MT, a pecuária cresceu em média cerca de 5% ao ano entre 1988 e 2018 (IBGE, 2020a), enquanto a cultura da soja cresceu 7,5% ao ano (IBGE, 2020d).

Historicamente, o estado do PA foi marcado pela expansão da pecuária e da soja (SAUER, 2018; BARONA, 2010). No estado, a pecuária e o cultivo da soja aumentaram 5% e 43% ao ano em média de 1988 a 2018. Além disso, a economia do PA também é muito influenciada pelo cultivo do óleo de palma (BENAMI et al., 2018; SAUER, 2018), que aumentou 8% em média anual de 1988 a 2018 (IBGE, 2020d). Atualmente, o PA possui cerca de 99% da área destinada ao cultivo de óleo de palma na Amazônia Legal. RO tem o segundo maior PIB per capita da Amazônia Legal (U $ 4.503 por habitante em 2017) (IBGE, 2020b; IBGE, 2020e). Esse fato pode estar associado a uma grande expansão do cultivo da soja, extração de madeira e pecuária (IBGE, 2020d; IBGE, 2020c; IBGE, 2020a), com aumentos no rebanho bovino em torno de 59%, e no cultivo de soja e vegetais extração de 9% ao ano em média entre 1988 e 2018.

Em RR, a agricultura familiar é a principal forma de uso do solo, enquanto a derrubada e a queima para abertura de novas áreas para lavouras ou pastagens são apontadas como umas das principais causas do desmatamento no estado (XAUD et al., 2013). No TO, o cultivo da soja expandiu-se em média 28% ao ano no período de

1988 a 2018 (IBGE, 2020d). O TO possui a menor porção de floresta amazônica entre os estados da região, com apenas cerca de 6,0 km² em 2018 (MAPBIOMAS, 2020)

3.2 Coleta de dados

Conforme descrito na Tabela 1, foram reunidos dados anuais relativos às áreas desmatadas (AD) nos estados da Amazônia Legal, bem como a respeito das atividades primárias desenvolvidas na extensão da Amazônia Legal.

Tabela 1 - Descrição dos dados coletados

Dado	Fonte	Unidade	Período	Unidade territorial
Área desmatada (AD)	PRODES (INPE, 2020a)	km²	1988–2018	Estados da Amazônia Legal (AC, AM, AP, MA, MT, PA, RO, RR e TO)
Área de cultivo de soja (SOY)	Pesquisa Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2020d)	km²		
Área de cultivo de óleo de palma (POC)	Pesquisa Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2020d)	km²		
Extração de lenha e madeira (FWE)	Pesquisa Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (IBGE, 2020c)	m³		
Rebanho bovino (CAT)	Pesquisa da Pecuária Municipal (IBGE, 2020a)	-		

Fonte: Autoria própria (2020)

3.3 Análise de dados em painel

Dados em painel são uma combinação de séries temporais e dados em corte transversal e são usados em modelos de regressão com vistas a descrever os efeitos de variáveis explanatórias em dimensões espaço-temporais (GUJARATI e PORTER, 2011). Neste estudo, o modelo de regressão de dados em painel teve como objetivo investigar as atividades primárias citadas na literatura que contribuíram significativamente com o aumento das áreas desmatadas no período de 1988 a 2018. As variáveis explanatórias foram escolhidas de acordo com estudos anteriores, que apontaram tais atividades como importantes precursoras para o desmatamento da Amazônia (NEPSTAD et al., 2014; LAURANCE et al., 2004; BARONA et al., 2010; RIVERO et al., 2009; DOMINGUES e BERMANN, 2012; DINIZ et al., 2009; BENAMI et al., 2018; CARVALHO et al., 2015; BUTLER e LAURANCE, 2009; FEARNSIDE, 2006). Assim, foram selecionadas as seguintes variáveis:

I. SOY: Área destinada ao cultivo de soja (km²);
II. POC: Área destinada ao cultivo de óleo de palma (km²);
III. FWE: Lenha e extração de madeira (m³); e
IV. CAT: Pecuária (número de cabeças de gado).

Diante disso, o modelo proposto pode ser descrito pela Equação 1.

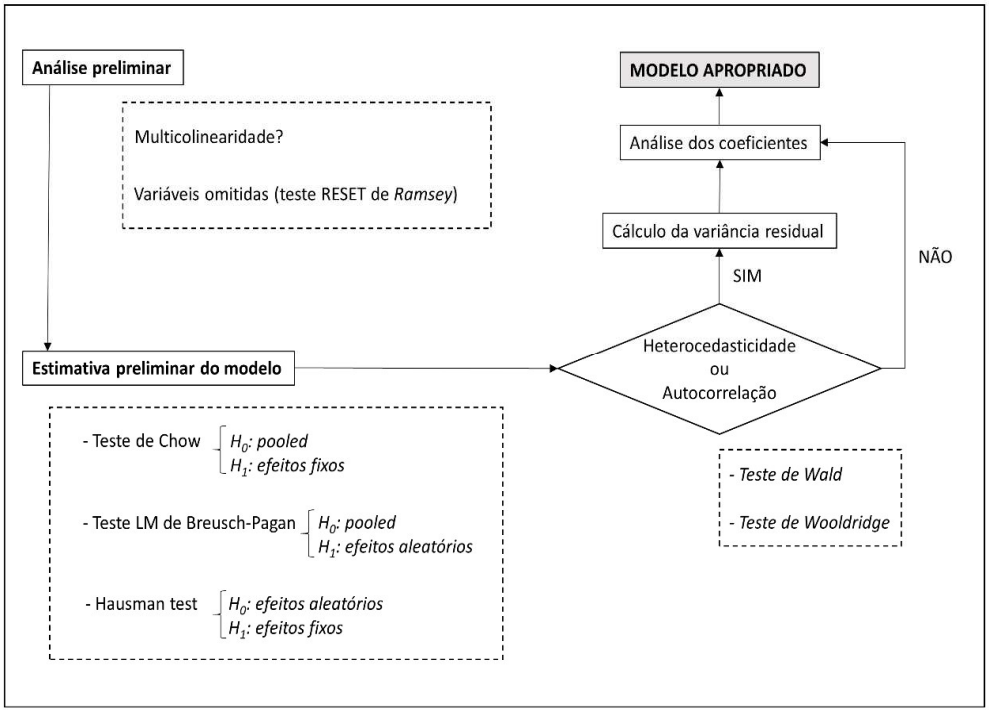
$$AD=\beta_0+\beta_1 SOY+\beta_2 POC+\beta_3 FWE+\beta_4 CAT \quad \textbf{(1)}$$

Existem diferentes tipos de modelos de regressão de dados de painel, como modelos pooled, de efeitos fixos e de efeitos aleatórios. Em modelos pooled, a variância espaço-temporal de cada indivíduo pode ser desprezada. Em modelos de efeitos fixos, admite-se um intercepto distinto e invariante no tempo para cada indivíduo. Em modelos de regressão de efeitos aleatórios, o intercepto de cada indivíduo é tratado como uma variável aleatória. Além disso, adotando um modelo de efeitos fixos ou aleatórios, os erros decorrentes de variáveis omitidas ou irrelevantes podem ser minimizados (GUJARATI e PORTER, 2011; DUARTE et al., 2007; HILL et al., 2011; GREENE, 2002).

Existem alguns pressupostos que devem ser considerados para garantir a adequação dos modelos de regressão linear, como homocedasticidade e ausência de autocorrelação e multicolinearidade (GUJARATI e PORTER, 2011; HILL et al., 2011; GREENE, 2002). Nesse sentido, na presença de heterocedasticidade, a variância residual deve ser estimada. Da mesma forma, a autocorrelação dos resíduos da regressão implica na necessidade de estimá-la. A autocorrelação pode surgir de uma variável omitida - ou seja, quando a variável dependente não é suficientemente explicada pelas variáveis independentes - e sempre que as variáveis são correlacionadas a uma omitida. A estimativa de erros padrão robustos e o método dos mínimos quadrados generalizados factíveis (FGLS) são técnicas comumente aplicadas para corrigir tais problemas, e podem ser escolhidas de acordo com o número de variáveis e o tamanho da série temporal (HILL et al., 2011). A estimativa FGLS consiste em uma regressão auxiliar que é especialmente aplicada quando a natureza da autocorrelação e/ou heterocedasticidade é desconhecida. Dessa forma, a regressão auxiliar atua no ajuste do modelo principal (CANDEA et al., 2016).

Para determinar o tipo de modelo mais adequado, inicialmente, foi verificada a presença de multicolinearidade e variáveis omitidas (Figura 1). A multicolinearidade foi avaliada por meio do fator de inflação da variância (VIF). Já a presença de variáveis omitidas foi analisada pelo teste RESET de Ramsey. O trabalho prosseguiu com a aplicação do teste de Chow para comparar a adequação dos modelos pooled e de efeitos fixos. No teste de Chow, a não rejeição da hipótese nula (H_0) reflete uma melhor adequação dos modelos pooled, enquanto a aceitação da hipótese alternativa (H_1) representa uma maior adequação dos modelos de efeitos fixos. Em seguida, foi realizado o teste LM de Breusch-Pagan. A H_0 do teste Breusch-Pagan LM indica um melhor ajuste de modelos pooled, enquanto H_1 sugere o modelo de efeitos aleatórios como o mais adequado dentre as duas opções.

Figura 1 - Fluxograma da metodologia de modelagem de dados em painel



Fonte: Autoria própria (2020)
Nota. aH0: hipótese nula; bH1: hipótese alternativa.

Finalmente, o teste de Hausman foi usado para comparar o uso de modelos de efeitos aleatórios (H_0) e efeitos fixos (H_1). Após definir o modelo de melhor ajuste, o teste de Wooldridge foi utilizado para verificar a presença de autocorrelação. Então, o teste de Wald foi realizado para verificar a heterocedasticidade. E, em seguida, a metodologia FGLS foi aplicada visando a correção da autocorrelação e heterocedasticidade. A Figura 1 ilustra as etapas metodológicas para a determinação de um modelo de regressão apropriado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise de dados em painel

Para a proposição do modelo de regressão, testou-se inicialmente a presença de multicolinearidade entre as variáveis. Um nível aceitável de multicolinearidade foi verificado, com um VIF máximo de 5,06. Segundo Gujarati e Porter (2011), com um VIF máximo superior a 10, a existência de relações lineares entre as variáveis independentes poderia afetar as estimativas de mínimos quadrados. O teste RESET de Ramsey evidenciou a existência de variáveis omitidas, indicando preliminarmente a inadequação dos modelos pooled.

O teste de Hausman tem como hipótese nula (H_0) a adequação dos efeitos fixos frente aos modelos de efeitos aleatórios com base na diferença entre suas variâncias (WOOLDRIDGE, 2011). Neste trabalho, um valor de χ^2 <0,0001 foi calculado, indi-

cando a adequação do modelo de efeitos fixos. Esta adequação também pode ser explicada pela natureza das variáveis independentes que foram utilizadas no modelo proposto. Green e Tukey (1960) definiram variáveis fixas e aleatórias como uma representação de diferentes extremos de amostragem. Segundo os autores, as aleatórias, como o nome sugere, descrevem amostras aleatórias de uma população, enquanto as fixas se aproximam de seus valores reais. Essa definição de variáveis fixas se ajusta facilmente aos propósitos dos conjuntos de dados dos quais as variáveis aplicadas no modelo foram coletadas. Ou seja, todas as variáveis coletadas (CAT, SOY, POC, FWE) buscam descrever sua magnitude total em uma unidade territorial (estados da Amazônia Legal) ao longo do tempo (1988–2018).

Os testes de Wooldridge e Wald expuseram a presença de autocorrelação e heterocedasticidade nos resíduos do modelo. Como mencionado anteriormente, ambos os problemas podem ser decorrentes de variáveis omitidas, fato confirmado pelo teste de RESET de Ramsey. Em função disso, o método FGLS foi aplicado para ajustar o modelo proposto, visando a adequação de seu desempenho.

Os coeficientes (β_0, β_1, β_2, β_3 e β_4) foram apresentados na Tabela 2. Os valores de p revelaram evidências estatisticamente significativas acerca da influência da pecuária (CAT) e do cultivo de óleo de palma (POC) sobre as áreas desmatadas (AD) na Amazônia Legal. O modelo sugere que o aumento do rebanho bovino e das áreas destinadas ao cultivo de óleo de palma contribuíram positivamente para a expansão das áreas desmatadas (β_4 = 0,00005 e β_2 = 1,83029) com níveis de confiança de 95% e 90%, respectivamente (Tabela 2). Estudos anteriores também apontaram a pecuária como a principal ameaça à floresta amazônica (BARONA et al., 2010; RIVERO et al., 2009; DOMINGUES e BERMANN, 2012). Também é relevante mencionar que o cultivo do óleo de palma está historicamente correlacionado ao desmatamento, principalmente no PA (BENAMI et al., 2018), que é o maior estado produtor de óleo de palma do Brasil (IBGE, 2020d) e também possui maiores áreas desmatadas durante 1988-2018, em média.

Tabela 2 - Modelo de regressão de dados em painel ajustado pela metodologia de FGLS proposto para o desmatamento na Amazônia Legal

Variável	***SOY (β_1)***	***POC (β_2)***	***FWE (β_3)***	***CAT (β_4)***	***β_0***
Coeficiente	-0,01658	1,83029	0,00001	0,00005	123,42130
p-valor	0,403	0,062**	0,337	0,004*	0,006*

Fonte: Autoria própria (2020)
Nota. * evidência estatisticamente significativa a 95% de confiança; ** evidência estatisticamente significativa a 90% de confiança

O modelo proposto também sugere que o cultivo da soja e a extração legal de madeira e lenha não impulsionaram ao desmatamento da Amazônia Legal com o mesmo peso das demais atividades primárias (pecuária e óleo de palma) de 1988 a 2018. Segundo Domingues e Bermann (2012), o estabelecimento da cultura da soja ocorre principalmente em solos degradados, previamente destinados à pecuária. De fato, os estados situados no 'arco do desmatamento', PA, MT e RO, possuem os rebanhos bovinos e o cultivo de soja mais desenvolvidos.

Além disso, o teste de Ramsey RESET expôs anteriormente a insuficiência de variáveis explicativas no modelo proposto. Esse fato é corroborado pelo valor p de β_0, que evidenciou a interação efetiva das variáveis omitidas que levam ao desmatamento na Amazônia. É reconhecido que o desmatamento permeia vários outros fatores além das atividades primárias, como governança pública, desenvolvimento dos municípios e crescimento populacional, incluindo elementos derivados de práticas ilegais e que raramente são quantificados ou expressos em bancos de dados (Arraes et al., 2012).

Conforme relatado por Greenpeace et al. (2017), 24% do desmatamento da Amazônia Legal em 2016 surgiu de grilagem. Segundo o Amazônia Protege (MPF, 2020), levantamento do Ministério Público Federal (MPF), em 2017, 36% da área desmatada igual ou superior a 0,6 km² identificada via PRODES foi comprovada como efeito de atividades ilegais. O levantamento revelou que as maiores áreas desmatadas ilegalmente naquele ano foram identificadas no MT e PA, com 530 km² e 470 km², respectivamente, representando aproximadamente 34% e 19% do desmatamento total ocorrido nesses estados. Porém, de acordo com pesquisa realizada pelo ICV (2018), em MT, para cerca de 89% das áreas desmatadas identificadas pelo PRODES em 2017, não foram emitidas autorizações de órgãos ambientais estaduais ou federais.

Em 2007, o Greenpeace denunciou a criação de assentamentos rurais fantasmas pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária) para promover a extração ilegal de madeira no PA. Segundo a investigação, a autarquia permitiu a atuação de madeireiras em áreas de mata virgem e Unidades de Conservação (UC) sob o encobrimento de supostos projetos sociais e melhorias no âmbito da reforma agrária. Já em 2012, o Greenpeace voltou a documentar denúncias de extração ilegal de madeira em assentamentos rurais do INCRA (GREENPEACE, 2020). Todos esses fatos evidenciam a preponderância da ilegalidade nas práticas inerentes ao desmatamento.

Além disso, outros aspectos também demonstram participação notável na supressão da vegetação nativa na Amazônia. Sonter et al. (2017) expôs a parcela da mineração no desmatamento em vários aspectos, tanto durante a implantação de infraestruturas quanto na expansão urbana circunjacente. Ramos et al. (2018) ratificou o

impacto da expansão de estradas na cobertura vegetal da Amazônia. Por outro lado, o desmatamento não é apenas consequência de atividades humanas, mas também pode atuar como agente condutor de diversos problemas ambientais. A literatura relata o desmatamento para uso e ocupação do solo como um fator potencial de contribuição para a ocorrência de incêndios florestais na Amazônia (BARNI et al., 2015; SALAME et al., 2016; SILVA et al., 2018; SILVA et al., 2018b), levando a expressivas emissões de CO2 e perda de biodiversidade.

Por fim, é importante destacar que a análise robusta de dados contribui para a gestão ambiental, monitoramento e estudos de causa e efeitos. A metodologia aplicada na concepção do modelo apresentado neste trabalho pode fornecer informações valiosas sobre fatores significativos que levam a efeitos e impactos ambientais, podendo orientar processos de tomada de decisão e estratégias de gestão sustentável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo investigar o papel das atividades primárias no desmatamento da Amazônia Legal no período de 1988 a 2018. O modelo de regressão obtido neste estudo evidenciou a pecuária e o cultivo de dendê como intervenientes relevantes para o desmatamento na Amazônia Legal nesse período. O modelo também mostrou uma contribuição significativa de outros fatores para a degradação do bioma. A complexidade da medição de cada contribuição, principalmente no contexto de práticas ilegais, também foi apontada. No entanto, para fins de gestão ambiental local, a dinâmica do uso da terra local deve ser considerada. Questões-chave para reduzir o desmatamento progressivo incluem melhorias na produtividade do gado, redução da razão m^2/cabeça, avanço da agricultura em áreas degradadas, incentivos ao cultivo de lavouras sustentáveis e combate a atividades ilegais. Finalmente, este artigo mostrou a aplicabilidade da análise de regressão de dados em painel para identificar fatores que levam a mudanças significativas na qualidade ambiental. Além disso, neste trabalho, a seleção das variáveis foi apoiada pela literatura. No entanto, a identificação de questões ambientais, políticas, culturais ou socioeconômicas críticas também é fundamental para determinar as potenciais variáveis elegíveis. Considerando que a análise de regressão de dados em painel é capaz de lidar com a heterogeneidade espaço-temporal dos fenômenos ambientais, destaca-se que o uso de modelos de regressão de dados em painel em estudos ambientais pode melhorar a gestão e a minimização de impactos, orientando esforços, ações e processos de tomadas de decisão prioritárias.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, A.; NEPSTAD, D.; MCGRATH, D.; MOUTINHO, P.; PACHECO, P.; DIAZ, M. D. C. V.; FILHO, B. S. **Desmatamento na Amazônia: Indo Além da Emergência Crônica.** Belém: IPAM, 2004.

AMARE, D.; MEKURIA, W.; WONDIE, M.; TEKETAY, D.; ESHETE, A.; DARR, D. Wood Extraction Among the Households of Zege Peninsula, Northern Ethiopia. **Ecological Economics**, v. 142, p. 177-184, 2017.

ARRAES, R. DE A.; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 40, n. 1, p. 119-140, 2012.

BARNI, P. E.; PEREIRA, V. B.; MANZI, A. O.; BARBOSA, R. I. (2015). Deforestation and Forest Fires in Roraima and Their Relationship with Phytoclimatic Regions in the Northern Brazilian Amazon. **Environmental Management**, v. 55, n. 5, p. 1124-1138, 2015.

BARONA, E.; RAMANKUTTY, N.; HYMAN, G.; COOMES, O. T. The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, v. 5, n. 2, p. 24002, 2010.

BENAMI, E.; CURRAN, L. M.; COCHRANE, M.; VENTURIERI, A.; FRANCO, R.; KNEIPP, J.; SWARTOS, A. Oil palm land conversion in Pará, Brazil, from 2006-2014: Evaluating the 2010 Brazilian Sustainable Palm Oil Production Program. **Environmental Research Letters**, v. 13, n. 3, 2018.

BRASIL. Lei nº 1.806, de 06 de janeiro de 1953. **Dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia, cria a Superintendência da sua execução e dá outras providências**. 1953.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento. **Valor Bruto da Produção Agropecuária por Regiões.** Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/valor-da-producao-agropecuaria-e-de-r-542-bilhoes--em-2018>. Acesso em dez. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento. **Florestas do Brasil em resumo.** 2019. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/4261-florestas-do-brasil-em-resumo-digital/file>. Acesso em dez. 2020.

BUTLER, R. A.; LAURANCE, W. F. Is Oil Palm the Next Emerging Threat to the Amazon? **Tropical Conservation Science**, v. 2, n. 1, p. 1-10, 2009.

CANDEA, B.; WERNER, B.; TEUBER, T.; GAZOLA, T. **Econometria cross-section: uma análise para fins educacionais do tipo cross-country dos indicadores de WDI do banco mundial**. Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP. 2016. Disponível em: <https://www.academia.edu/28766347/Econometria_Cross-Section_Uma_An%-C3%A1lise_para_fins_educacionais_do_tipo_Cross-Country_dos_Indicadores_de_WDI_do_Banco_Mundial>. Acesso em dez. 2020.

CARVALHO, C. M.; SILVEIRA, S.; LA ROVERE, E. M.; IWAMA, A. Y. Deforested and degraded land available for the expansion of palm oil for biodiesel in the state of Pará in the Brazilian Amazon. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 44, p. 867-876, 2015.

CELENTANO, D. et al. Towards zero deforestation and forest restoration in the Amazon region of Maranhão state. Brazil. **Land Use Policy**, v. 68, p. 692-698, 2017.

CHENG, C.; REN, X.; WANG, Z.; SHI, Y. The Impacts of Non-Fossil Energy, Economic Growth, Energy Consumption, and Oil Price on Carbon Intensity: Evidence from a Panel Quantile Regression Analysis of EU 28. **Sustainability**, v. 10, n. 11, p. 4067, 2018.

CHIU, Y. B. Deforestation and the Environmental Kuznets Curve in Developing Countries: A Panel Smooth Transition Regression Approach. **Canadian Journal of Agricultural Economics**, v. 60, p. 177-194, 2012.

DINIZ, M. B.; DE OLIVEIRA JUNIOR, J. N.; NETO, N. T.; DINIZ, M. J. T. Causas do desmatamento da Amazônia: Uma aplicação do teste de causalidade de Granger acerca das principais fontes de desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira. **Nova Economia,** v. 19, n. 1, p. 121-151, 2009.

DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na amazônia: Da pecuária à soja. **Ambiente e Sociedade**, v. 15, n. 2, 2012.

DUARTE, P. C.; LAMOUNIER, W. M.; TAKAMATSU, R. T. **Modelos Econométricos para Dados em Painel: Aspectos Teóricos e Exemplos de Aplicação à Pesquisa em Contabilidade e Finanças.** In: 7o Congresso USP de Controladoria e Contabilidade, São Paulo, SP, 2007.

FEARNSIDE, P. M. **A floresta Amazônia nas mudanças globais**. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), 2003.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: Dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazonica,** v. 36, n. 3, p. 395-400, 2006.

FERREIRA, L. V.; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, p. 159-166, 2005.

GREENE, W. H. **Econometric analysis.** New Jersey: Prentice Hall, 2002.

GREENPEACE. Disponível em: <https://www.greenpeace.org/international>. Acesso em: dez. 2020.

GREENPEACE; IMAFLORA; IMAZON; ICV; ISA; IPAM; TNC; WWF. **Desmatamento zero na Amazônia: como e por que chegar lá.** 2017. Disponível em: <https://www.greenpeace.org/brasil/publicacoes/estudo-lancado-na-cop23-indica-caminhos-para--o-brasil-zerar-o-desmatamento-na-amazonia/>. Acesso em dez. 2020.

GUJARATI, N. D.; PORTER, D. C. **Econometria básica.** Porto Alegre: AMGH Editora, 2011.

HILL, R. C.; GRIFFITHS, W. E.; LIM, G. C. **Principles of econometrics**. New York: Wiley, 2011.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Sistema Nacional de Controle de Origem dos Produtos Florestais**. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/flora-e-madeira/sinaflor/sobre-o-sinaflor>. Acesso em dez. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Tabelas Estatísticas, SIDRA, Pesquisa da Pecuária Municipal (PPM).** 2020a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939>. Acesso em dez. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Tabelas Estatísticas, SIDRA, Produção Agrícola Municipal (PAM).** 2020b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em dez. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Tabelas Estatísticas, SIDRA, Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (PEVS).** 2020c. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2017>. Acesso em dez. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2020d. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>. Acesso em dez. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto - PIB.** 2020e. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php>. Acesso em dez. 2020.

ICV, Instituto Centro de Vida. **Análise do desmatamento em Mato Grosso (Prodes/2017).** 2018. Disponível em: <https://www.icv.org.br/wp-content/uploads/2018/01/desmatamento-mato-grosso-2017.pdf>. Acesso em dez. 2020.

IMAZON, Sistema de Alerta de Desmatamento. **Boletim do desmatamento da Amazônia Legal, Dezembro de 2017**. 2018. Disponível em: <https://k6f2r3a6.stackpathcdn.com/wp-content/uploads/2018/01/SAD-dezembro-2017.jpg>. Acesso em dez. 2020.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **PRODES: Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**. 2020a. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em dez. 2020.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **DETER**. 2020b. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter>. Acesso em dez. 2020.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **DEGRAD: Mapeamento da Degradação Florestal na Amazônia Brasileira.** 2020c. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/degrad>. Acesso em dez. 2020.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TerraClass.** 2020d. Disponível em: http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php. Acesso em dez. 2020.

LAURANCE, W. F.; ALBERNAZ, A. K. M.; FEARNSIDE, P. M.; VASCONCELOS, H.; FERREIRA, L. V. Deforestation in Amazonia. **Science**, v. 304, n. 5674, p. 1109-1111, 2004.

MAPBIOMAS. v. 5.0. **Cobertura bioma & estados**. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em dez. 2020.

MILHEIRAS, S. G.; MACE, G. M. Assessing ecosystem service provision in a tropical region with high forest cover: Spatial overlap and the impact of land use change in Amapá, Brazil. **Ecological Indicators**, v. 99, p. 12-18, 2019.

MPF, Ministério Público Federal. (2020). **Amazônia Protege**. Disponível em: <http://www.amazoniaprotege.mpf.mp.br/>. Acesso em dez. 2020.

NEPSTAD, D. et al. Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. **Science**, v. 344, n. 6188, p. 1118-1123, 2014.

RAMOS, C. J. P.; GRAÇA, P. M. L. DE A.; FEARNSIDE, P. M. Deforestation Dynamics on an Amazonian Peri-Urban Frontier: Simulating the Influence of the Rio Negro Bridge in Manaus, Brazil. **Environmental Management**, v. 62, p. 1134-1149, 2018.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e desmatamento: Uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova Economia**, v. 19, n. 1, p. 41-66, 2009.

SALAME, C. W.; QUEI

ROZ, J. C. B.; DE MIRANDA ROCHA, G.; AMIN, M. M.; DA ROCHA, E. P. Use of spatial regression models in the analysis of burnings and deforestation occurrences in forest region, Amazon, Brazil. **Environmental Earth Sciences,** v. 75, p. 274, 2016.

SAUER, S. Soy expansion into the agricultural frontiers of the Brazilian Amazon: The agribusiness economy and its social and environmental conflicts. **Land Use Policy**, v. 79, p. 326-338, 2018.

SCHMOOK, B.; VANCE, C. Agricultural Policy, Market Barriers, and Deforestation: The Case of Mexico's Southern Yucatán. **World Development**, v. 37, n. 5, p. 1015-1025, 2009.

SCRIECIU, S. S. Can economic causes of tropical deforestation be identified at a global level? **Ecological Economics**, v. 62, n. 3-4, p. 603-612, 2007.

SILVA, C. H. L.; ARAGÃO, L. E. O. C.; FONSECA, M. G.; ALMEIDA, C. T.; VEDOVATO, L. B.; ANDERSON, L. O. Deforestation-induced fragmentation increases forest fire occurrence in central Brazilian Amazonia. **Forests**, v. 9, n. 6, p. 305, 2018.

SILVA, J. M. C.; RYLANDS, A. B.; FONSECA, G. A. B. The Fate of the Amazonian Areas of Endemism. **Conservation Biology,** v. 19, p. 689-694, 2005.

SILVA, S. S.; FEARNSIDE, P. M.; GRAÇA, P. M. L. A.; BROWN, I. F.; ALENCAR, A.; MELO, A. W. F. Dynamics of forest fires in the southwestern Amazon. **Forest Ecology and Management**, 424, p. 312-322. 2018b.

SOARES-FILHO, B. S. et al. Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: The Santarém-Cuiabá corridor. **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p. 745-764, 2004.

SOARES-FILHO, B. S., et al. Cenários de desmatamento para a Amazônia. **Estudos Avançados,** v. 19, n. 54, p. 137-152, 2005.

SONTER, L. J.; HERRERA, D.; BARRETT, D. J.; GALFORD, G. L.; MORAN, C. J.; SOARES-FILHO, B. S. Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. **Nature Communications**, v. 8, p. 1013, 2017.

SUDAM, Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. **Plano Regional de Desenvolvimento da Amazônia (PRDA): 2020-2023 (Anexo I – Documento de Referência)**. 2019. Disponível em: <http://www.sudam.gov.br/conteudo/menus/retratil/planos-desenvolvimento/prda/arquivos/prda-2020-2023-versao-final-09-05-2019.pdf>. Acesso em dez. 2020.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric analysis of cross section and panel data.** Massachusetts: The MIT Press, 2001.

XAUD, H. A. M.; MARTINS, F. S. R.; SANTO J. R. Tropical forest degradation by mega-fires in the northern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 294, p. 97-106, 2013.

ZHANG, C.; WANG, Y.; SONG, X.; KUBOTA, J.; HE, Y.; TOJO, J.; ZHU, X. An integrated specification for the nexus of water pollution and economic growth in China: Panel cointegration, long-run causality and environmental Kuznets curve. **Science of The Total Environment**, v. 609, p. 319-328, 2017.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO DOS MANANCIAIS DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO POR AGROTÓXICOS NÃO LISTADOS NO PADRÃO DE POTABILIDADE BRASILEIRO

ASSESSMENT OF THE CONTAMINATION RISK OF WATER RESOURCES OF SÃO FRANCISCO RIVER BASIN BY PESTICIDES NOT DESCRIBED IN THE BRAZILIAN DRINKING WATER STANDARDS

Fernanda Bento Rosa Gomes[1]
Taciane de Oliveira Gomes de Assunção[2]
Emanuel Manfred Freire Brandt[3]
Renata de Oliveira Pereira[4]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.2

1 Universidade Federal de Juiz de Fora. https://orcid.org/0000-0003-1262-5238. fernanda.bento@engenharia.ufjf.br
2 Universidade Federal de Juiz de Fora. https://orcid.org/0000-0002-8342-4727. taciane.assuncao@engenharia.ufjf.br
3 Universidade Federal de Juiz de Fora. http://orcid.org/0000-0002-9009-1940. emanuel.brandt@ufjf.edu.br
4 Universidade Federal de Juiz de Fora. https://orcid.org/0000-0002-3414-7292. renata.pereira@ufjf.edu.br

RESUMO

A bacia do rio São Francisco possui uma atividade agrícola de grande relevância, na qual mais de 200 m³/s de água são destinados à irrigação. Consequentemente, os pesticidas são amplamente utilizados na região. Atualmente, existem 496 ingredientes ativos (IA) de agrotóxicos autorizados para uso no Brasil e, destes, apenas 15 estão incluídos no atual padrão de potabilidade brasileiro. Considerando a importância de se garantir água em padrões qualitativamente adequados ao abastecimento público e os potenciais riscos à saúde associados à ingestão de agrotóxicos, este estudo de caso teve o objetivo de avaliar o risco de contaminação de mananciais superficiais e subterrâneos da bacia do rio São Francisco por agrotóxicos não descritos no atual padrão de potabilidade do Brasil. Dez IA que não constam no atual padrão de potabilidade brasileiro foram amplamente comercializados na bacia do rio São Francisco entre 2009 e 2018, ultrapassando 150 toneladas em média anual. Sete desses compostos apresentam potencial de contaminação dos recursos hídricos e dois são potencialmente carcinogênicos ao homem. A distribuição espacial das lavouras e pontos de captação de água sugeriram áreas com maior risco de contaminação. Este trabalho também destacou a necessidade de conhecimento da efetiva comercialização e aplicação de agrotóxicos em cada município da bacia com vistas a monitorar os riscos de contaminação e orientar as estratégias locais de gerenciamento.

Palavras-chave: Água potável. Captação de água. Pesticidas. Vendas.

ABSTRACT

São Francisco river basin has a large-scale agricultural activity in which more than 200 m³/s of water are intended for irrigation. Consequently, pesticides are widely used in this region. Currently, there are 496 pesticides active ingredients authorized for use in Brazil, and only 15 of these are included in Brazilian drinking water standards. Considering the importance of ensuring qualitatively adequate water to public supply, and the potential health risks associated with the ingestion of pesticides, this work aimed to assess the contamination risk of surface water and groundwater resources of São Francisco river basin by pesticides that are not described in the current Brazilian drinking water standards. Ten IA, which are not mentioned in the current Brazilian drinking water standards, were broadly sold in São Francisco river basin between 2009 and 2018, exceeding an average of 150 tons per year. Seven of these compounds showed potential for contamination of water resources, and two are potentially carcinogenic to humans. The spatial distribution of crops and water catchment points suggested areas with greater contamination risk. This work also highlighted the need for knowledge of the effective commercialization and application of pesticides

in each municipality of the basin to monitor the contamination risks and guide local management strategies.

Keywords: Agricultural defensive. Drinking water. Sales.

1 INTRODUÇÃO

Sabendo da importância da agricultura no contexto social, econômico e cultural da bacia do Rio São Francisco e, diante relevância do abastecimento de água para o consumo humano entre os usos múltiplos praticados na bacia, este estudo de caso teve por objetivo avaliar o risco de contaminação de mananciais superficiais e subterrâneos da bacia do Rio São Francisco por agrotóxicos não descritos no padrão de potabilidade brasileiro, partindo-se de dados secundários.

A avaliação de risco iniciou-se pela análise espaço-temporal da comercialização de ingredientes ativos não listados no atual padrão de potabilidade nos estados que compõem a bacia do Rio São Francisco, seguida da avaliação da situação de autorização de tais compostos perante a ANVISA. Então, procedeu-se com o estudo da dinâmica ambiental dos ingredientes ativos de agrotóxicos mais comercializados na extensão da bacia hidrográfica, além da análise da distribuição espacial da aplicação de culturas agrícolas de uso autorizado. Com base em critérios que foram estabelecidos, foi feita uma análise mais detalhada acerca dos agrotóxicos selecionados, pautando-se na distribuição espacial das áreas de possíveis usos e de sua comercialização, diante dos mananciais de abastecimento superficiais e subterrâneos presentes na bacia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A agricultura é um processo produtivo de grande destaque na economia brasileira. Em 2018, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento estimou o valor bruto da produção agrícola em R$ 383,97 bilhões (MAPA, 2019). Consequentemente, o uso de agrotóxicos também ocorre em grande escala, sendo que no período de 2009 a 2018, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) reportou mais de 456 mil toneladas de Ingredientes Ativos (IA) comercializados em média anual (IBAMA, 2020). O uso, produção, comercialização, embalagens, entre outros aspectos acerca dos agrotóxicos são dispostos na Lei n° 7.802 de 11 de julho 1989 (BRASIL, 1989), os processos de registro, autorização e reavaliação são realizados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), conforme o Decreto n° 4.074 de 4 de janeiro de 2002 (BRASIL, 2002).

Em decorrência das características físico-químicas, dinâmica ambiental e de práticas inadequadas durante o uso de agrotóxicos, parte desses compostos podem causar contaminação do ar, solos e águas superficiais e subterrâneas de modo a aumentar a

exposição humana a tais compostos. Estudos toxicológicos são amplamente realizados a fim de se analisar os possíveis efeitos da ingestão de agrotóxicos à saúde e utilizados tanto no estabelecimento de Limites Máximos de Resíduos (LMR) nos alimentos, definidos pela ANVISA (ANVISA, 2019), ou na definição dos Valores Máximos Permitidos (VMPs) do padrão de potabilidade da água para consumo humano, disposto na Portaria de Consolidação do Ministério da Saúde nº 5 de 2017, Anexo XX (BRASIL, 2017). Os efeitos da ingestão desses compostos estão relacionados à problemas hepáticos, renais, reprodutivos, cardiovasculares, neurológicos, entre outros, podendo alguns apresentarem características de carcinogenicidade (ATSDR, 2020).

A metodologia de Avaliação Quantitativa de Risco Químico (AQRQ) é utilizada para avaliar o risco associado a determinado composto químico (WHO, 2017). Sendo que a avaliação da exposição é um dos pilares da AQRQ. Nesse sentido, uma fonte para avaliar a exposição aos agrotóxicos é o monitoramento das vendas de agrotóxicos registrados no Brasil. Essa é realizada pelo IBAMA e os dados de comercialização são disponibilizados anualmente pelo órgão. Atualmente, são 496 monografias de IA autorizados para uso agrícola e não agrícola, (ANVISA, 2020a) e, desses, apenas 15 IA estão presentes na PC MS nº 5 de 2017, Anexo XX (BRASIL, 2017).

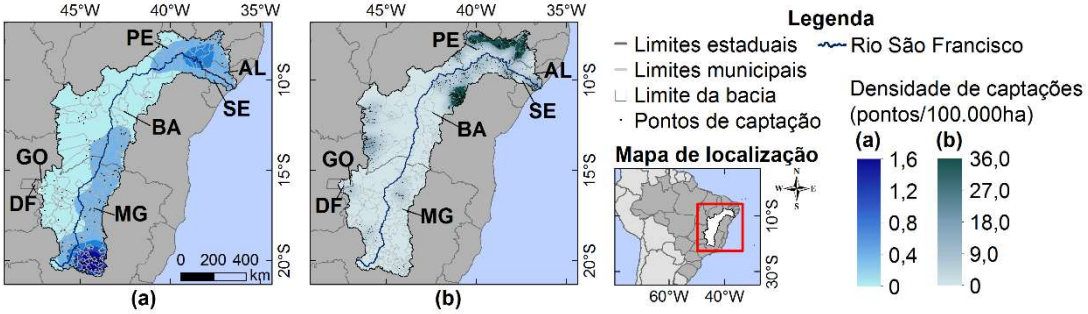
A bacia do Rio São Francisco possui uma grande área de drenagem e nela é praticado todo o tipo de uso da água potável, como abastecimento humano, dessedentação de animais e uso agrícola (BRASIL, 2006). Nesse sentido, o Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabelecido pela Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997), por meio de diretrizes, metas e programas tem por objetivo assegurar às atuais e às futuras gerações a disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados para usos múltiplos.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

A bacia do Rio São Francisco possui uma extensão territorial aproximadamente de 639.217 km² e compreende parte dos estados de Alagoas (AL), Bahia (BA), Distrito Federal (DF), Goiás (GO), Minas Gerais (MG), Pernambuco (PE) e Sergipe (SE) (Figura 1), abrangendo 505 municípios (CBHSF, 2020). A atividade agrícola possui grande relevância na região e, em 2018, segundo dados do IBGE (2020), foram plantados mais de seis milhões de hectares de lavouras permanentes e temporárias ao longo da bacia. Dentre os usos múltiplos para os quais a bacia se destina, destacam-se, portanto, a irrigação e o abastecimento público de água, com vazões de retirada estimadas em 213,7 m³/s para a irrigação, 31,3 m³/s para o abastecimento urbano, e em 3,7 m³/s para o abastecimento rural (ANA, 2020a).

Figura 1 - Bacia hidrográfica do Rio São Francisco e a distribuição espacial das captações superficiais (a) e subterrâneas (b) para abastecimento público contidas na bacia



Fonte: Autoria própria (2020)

Segundo dados da Agência Nacional das Águas (ANA, 2020b), existem 281 pontos de captação superficial de água para abastecimento urbano distribuídos ao longo da bacia do Rio São Francisco, concentrando-se de forma mais intensa na região Central de Minas Gerais, principalmente na Região Metropolitana de Belo Horizonte (Figura 1a). Por outro lado, dados do SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) (CPRM, 2020), indicam uma maior densidade de captações subterrâneas destinadas exclusivamente ao abastecimento doméstico, rural e urbano no sertão nordestino (Figura 1b).

3.2 Avaliação do risco de contaminação

3.2.1 Comercialização dos agrotóxicos

A partir de dados disponibilizados anualmente pelo IBAMA (2020), analisou-se o registro de vendas de IA no período de 2009 a 2018, considerando apenas os compostos que não são abordados na PC MS nº 5 de 2017, Anexo XX. Também foram excluídos os compostos classificados como adjuvantes, agentes microbiológicos, domissanitários, preservantes de madeira ou hormônios vegetais. Como os dados são disponibilizados por unidades federativas (UF), esses foram ajustados considerando o percentual da área de cada UF que constitui a bacia do Rio São Francisco (CBHSF, 2020). Posteriormente, foram efetuados os cálculos de somas, médias e percentuais anuais. Como complemento, foram feitas as tendências de comercialização dos agrotóxicos ao longo do período considerado com o auxílio do teste de Mann-Kendall, a 95% de confiança, no software ProUCL 5.1. Além disso, tendo em vista a análise das vendas diante dos dados de plantios agrícolas, foi feita a representação espacial da comercialização nos estados da bacia no ano de 2018.

3.2.2 Seleção dos agrotóxicos e autorização de uso e aplicação no Brasil

Foram selecionados os 10 IA de origem química mais vendidos no período. As monografias da ANVISA (2020a; 2020b) foram consultadas de modo a verificar a si-

tuação quanto à autorização e proibição dos agrotóxicos selecionados, assim como, as culturas autorizadas para aplicação dos compostos.

3.2.3 Dinâmica ambiental e potencial de contaminação das águas

A dinâmica ambiental dos agrotóxicos selecionados foi obtida por meio de monografias apresentadas por agências internacionais responsáveis por definir os padrões de potabilidade da água de países como Austrália (NHMRC/NRMMC, 2018) e Nova Zelândia (MINISTRY OF HEALTH, 2019). A estimativa do potencial de contaminação de águas subterrâneas e superficiais foi feita com base nas metodologias GUS e GOSS (GOSS, 1992; GUSTAFSON, 1989), nessa ordem. Nas quais, levam em consideração propriedades como, o coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo (Koc), solubilidade em água e tempo de meia vida (DT50) no solo para classificar as substâncias com baixo, médio e alto potencial de contaminação. Ademais, o DT50 devido à hidrólise foi utilizado como indicador de degradação, com dados obtidos da IUPAC (2020). Os compostos que possuíam potenciais médios e/ou altos foram selecionados para uma análise detalhada pautando-se na distribuição espacial das áreas de possíveis usos e de sua comercialização.

3.2.4 Levantamento dos cultivos e áreas plantadas relacionadas aos agrotóxicos com uso autorizado pela ANVISA

O levantamento dos plantios realizados nos municípios que formam a bacia do Rio São Francisco foi feito por meio de dados da pesquisa Produção Agrícola Municipal, pelo banco de tabelas estatísticas do IBGE (2020). Foram reunidos os dados relativos às áreas plantadas de todas as culturas permanentes e temporárias aplicadas nos municípios da bacia hidrográfica no ano de 2018. Com base nos usos autorizados pela ANVISA, foi feita a soma das áreas plantadas de todos os cultivos nos quais os agrotóxicos selecionados nas etapas anteriores podem ser aplicados.

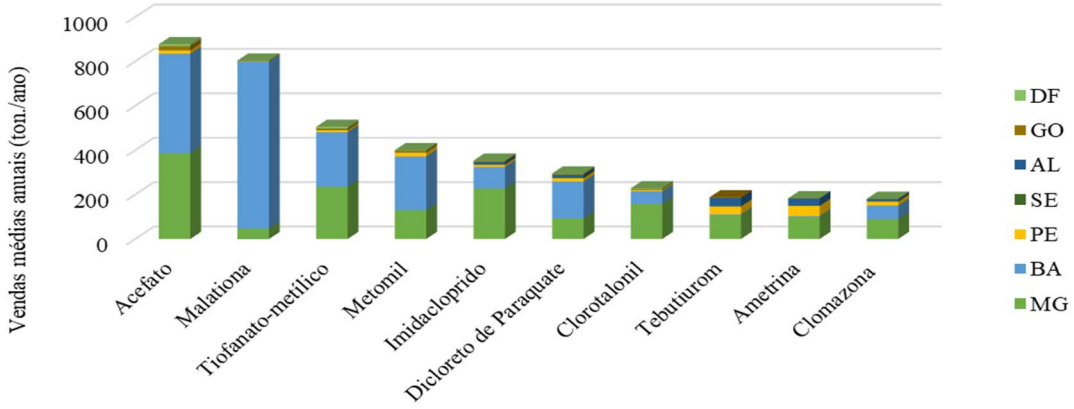
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Brasil possui 119 IA que possuem vendas reportadas no período de 2009 a 2018 (IBAMA, 2020), destes 103 não constam na PC MS nº 5 de 2017, Anexo XX. Excluindo os compostos excipientes e agentes microbiológicos restaram 82 compostos.

Dentre esses, selecionaram-se os 10 IA mais comercializados na bacia do Rio São Francisco e que não constam na PC MS nº 5 de 2017, Anexo XX sendo: acefato, malationa, tiofanato-metílico, metomil, imidacloprido, dicloreto de paraquate, clorotalonil, tebutiurom, ametrina e clomazona. Na Figura 2, foram representadas as vendas médias anuais desses compostos, apresentando ainda, as toneladas médias anuais comerciali-

zadas por cada estado, de acordo com a área ocupada na bacia. Os 10 IA selecionados possuem vendas acima de 150 toneladas em média anual.

Figura 2 - Média anual de vendas de agrotóxicos de 2009 a 2018 na bacia do Rio São Francisco



Fonte: Autoria própria (2020)

Dentre os estados que mais comercializaram durante esse período, destacam-se os estados de MG e BA, com cinco agrotóxicos cada um (Figura 2). No DF, a média anual de vendas para o tebutiurom foi igual a zero. Já, o estado de AL, para a malationa, apresentou média anual negativa de vendas, o que indica que houve retorno à indústria ou ao estoque desse composto (IBAMA, 2020).

Considerando os 10 IA selecionados o imidacloprido e tebutiurom destacaram-se com alta probabilidade de contaminação de águas subterrâneas e superficiais e estabilidade à hidrólise (Tabela 1). A ametrina apresenta alto potencial de contaminação das águas superficiais, médio potencial de contaminação de águas subterrâneas e estabilidade à hidrólise (Tabela 1). O metomil, e clomazona além de serem estáveis à hidrólise, tem potenciais médios de contaminação de mananciais subterrâneos e superficiais. O clorotalonil e acefato destacam-se pelo médio potencial de contaminação de águas superficiais bem como por sua resistência à hidrólise. O dicloreto de paraquate apesar do elevado potencial de contaminação dos solos e sedimentos, possui um DT50 à hidrólise extremamente baixo (2,4 d), portanto também não foi selecionado (Tabela 1). Por fim, os compostos malationa e tiofanato-métilico por apresentarem baixo potencial em todas as matrizes estudadas não foram selecionados para a posterior discussão.

Tabela 1 - Potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas, a situação de autorização junto a ANVISA dos agrotóxicos e o tempo de meia à hidrólise.

Composto	Situação ANVISA	GUS	Goss dissolvido em água	Goss associado ao solo e sedimento	DT_{50} à hidrólise [a] (dias)
Acefato	Autorizado	Baixo	Médio	Baixo	50
Malationa	Autorizado	Baixo	Baixo	Baixo	2,36 a 2,89
Tiofanato-metílico	Autorizado	Baixo	Baixo	Baixo	36
Metomil	Autorizado	Médio	Médio	Baixo	Estável
Imidacloprido	Autorizado	Alto	Alto	Médio	Estável
Dicloreto de Paraquate	Será proibido [b]	Baixo	Baixo	Alto	2,44
Clorotalonil	Autorizado	Baixo	Médio	Médio	252,1
Tebutiurom	Autorizado	Alto	Alto	Médio	64
Ametrina	Autorizado	Médio	Alto	Baixo	Estável
Clomazona	Autorizado	Médio	Médio	Baixo	Estável

Fonte: Autoria própria (2020)
a: IUPAC (2020); b: proibição de compostos à base de paraquate a partir do dia 22 de setembro de 2020 (ANVISA, 2020a); GOSS: potencial de contaminação das águas superficiais (GOSS, 1992). GUS: potencial de contaminação das águas subterrâneas (GUSTAFSON, 1989). DT_{50}: tempo de meia vida.

A Figura 3 ilustra a soma das áreas plantadas nos municípios em 2018 com culturas agrícolas permanentes e temporárias nas quais os sete agrotóxicos selecionados podem ser aplicados, bem como a quantidade proporcional de vendas desses IA, no mesmo ano, nas áreas de cada estado contidas na bacia e os resultados das análises de tendência temporal das vendas na bacia do Rio São Francisco entre 2009 e 2018.

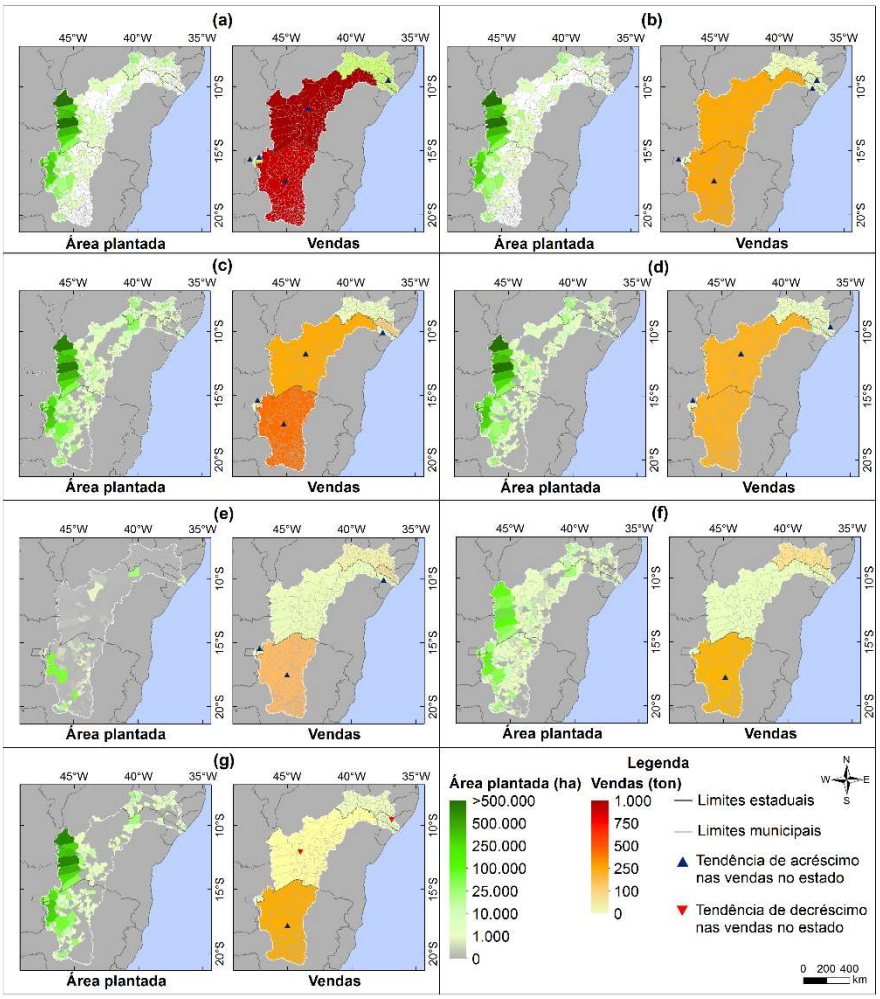
Os dados de comercialização e as análises de tendência indicam, de forma indireta, os estados com maiores riscos de contaminação, atuais e futuros, por cada agrotóxico. Os dados relativos às culturas agrícolas com usos autorizados corroboram com o refinamento da distribuição espacial dessas probabilidades, à medida que sugerem os municípios com potencial efetivo de aplicação de cada IA. Nesse sentido, com exceção dos cultivos com uso autorizado de tebutiurom, os plantios ocorreram na maior parte dos municípios da bacia e concentraram-se, principalmente, nas regiões Extremo Oeste da BA e Noroeste de MG (Figura 3).

Diante disso, infere-se certo risco de contaminação de mananciais superficiais por acefato, metomil, imidacloprido, clorotalonil, ametrina e clomazona em grande parte dos municípios da bacia (Figura 3), especialmente nas regiões que concentram seus respectivos cultivos, bem como o risco de contaminação por tebutiurom em locais específicos (Figura 3e). Além disso, aspectos importantes e que interferem no risco

associado à contaminação de águas superficiais para o consumo humano incluem a localização e densidade de pontos desse tipo de captação. Assim sendo, a Figura 1a, que representa as captações superficiais para abastecimento urbano, também sugere maior risco de contaminação de mananciais superficiais nas regiões Central e Norte de MG, além de parte da região Centro-Sul da BA, bem como nas áreas pertencentes aos estados de AL, SE e, principalmente, PE.

No caso do metomil, imidacloprido, tebutiurom, ametrina e clomazona o risco de contaminação também se estende aos mananciais subterrâneos, sendo ainda mais provável nas regiões com maior densidade de pontos desse tipo de captação (Figura 1b), como também é o caso de municípios do Extremo Oeste baiano, como São Desidério e Correntina (Figura 3). Ainda com base na densidade de captações subterrâneas ativas e registradas no SIAGAS (Figura 1b), percebe-se que o risco de contaminação por esses IA também se demonstrou relevante em outros pontos do sertão nordestino pertencentes à bacia, como na extensão do estado de PE, na região Centro-Norte da BA e em municípios próximos ao litoral de AL e SE. É importante destacar ainda que a clomazona foi o único IA que apresentou tendências de redução em sua comercialização, observadas nos estados de AL e BA.

Figura 3 - Soma das áreas plantadas municipais (no ano de 2018) das culturas agrícolas permanentes e temporárias nas quais os agrotóxicos com potenciais médios e altos de contaminação podem ser aplicados, vendas dos agrotóxicos em 2018 e análise de tendência das vendas nos estados da bacia do Rio São Francisco. (a) Acefato; (b) metomil; (c) imidacloprido; (d) clorotalonil; (e) tebutiurom; (f) ametrina; (g) clomazona.



Fonte: Autoria própria (2020)

Uma vez que, no Brasil, são divulgados apenas dados relativos aos quantitativos totais de vendas de agrotóxicos por UF, faz-se necessário, portanto, o conhecimento da efetiva comercialização e aplicação dos agrotóxicos na extensão dos municípios que compreendem a bacia, tendo em vista a análise das reais dimensões da probabilidade de ocorrência desses compostos nos mananciais de abastecimento.

Com relação ao risco a saúde associado à ingestão de agrotóxicos via consumo de água, alguns aspectos referentes ao acefato, imidacloprido e clorotalonil podem ser destacados. Como os outros organofosforados, o acefato causa efeitos neurotoxicológicos em baixas concentrações, seja em exposição aguda ou crônica, além de ser classificado pela USEPA (2001) como grupo C ou possível causador de câncer em humanos, embora não existam evidências de que seja carcinogênico ou genotóxico (NHMRC/NRMMC, 2018). Estudos indicaram a associação entre a ingestão de imidacloprido e danos na tireoide (MINISTRY OF HEALTH, 2018). No caso do clorotalonil, estu-

dos com camundongos e ratos constataram evidências de seu potencial carcinogênico (NHMRC/NRMMC, 2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nesse estudo, verificou-se que dez IA de agrotóxicos que não constam no atual padrão brasileiro de potabilidade da água para consumo humano foram comercializados em larga escala na bacia hidrográfica do Rio São Francisco entre 2009 e 2018. Constatou-se que dentre os 10 agrotóxicos, sete apresentaram potencial de contaminação de mananciais de abastecimento. A distribuição espacial da aplicação das culturas agrícolas nas quais os IA, bem como da densidade de pontos de captação de águas sugeriram maiores riscos de contaminação no sertão nordestino, especialmente no Extremo Oeste da BA, e no Norte de MG. Destacam-se ainda os possíveis danos à saúde decorrentes da ingestão de imidacloprido, acefato e clorotalonil, especialmente ao potencial carcinogênico dos dois últimos.

Portanto, ressalta-se a importância do conhecimento da efetiva comercialização e aplicação desses agrotóxicos nos municípios da bacia, por meio da divulgação de dados municipais de comercialização e do uso do solo. Ainda deve-se considerar a dinâmica ambiental de cada IA tendo em vista a avaliação da necessidade de monitoramento de tais IA em pontos específicos da bacia.

REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Dados abertos**. Disponível em: <http://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/19e1869946b041bba92b996020925909_0>. Acesso em: 01 de junho de 2020b.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **São Francisco**. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/sala-de-situacao/sao-francisco/sao-francisco-saiba-mais>. Acesso em: abr. 2020a.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Monografias de agrotóxicos – Autorizadas**. Disponível em: < http://portal.anvisa.gov.br/registros--e-autorizacoes/agrotoxicos/produtos/monografia-de-agrotoxicos/autorizadas>. Acesso em: ago. 2020a.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Monografias de agrotóxicos – Excluídas.** Disponível em: < http://portal.anvisa.gov.br/registros-e--autorizacoes/agrotoxicos/produtos/monografia-de-agrotoxicos/excluidas>. Acesso em: ago. 2020b.

ATSDR – Agency for Toxic Substances & Disease Registry. **Toxic Substances Portal. Health Effect of Exposure to Substances and Carcinogens**. Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/substances/ToxOrganSystems.asp>. Acesso em: mar. 2020.

BRASIL. Presidência da República. Congresso. Senado. Lei Nº 7.802, de 11 de julho de 1989. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 jul. 1989. Seção 1, p. 11459.

BRASIL. Presidência da República. Congresso. Senado. Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. **Diário Oficial [da] República federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 9 jan. 1997.

BRASIL. Presidência da República. Congresso. Senado. Decreto Nº 4.074, de 8 de janeiro de 2002. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 jan. 2002. Seção 1, p. 1.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Recursos Hídricos. **Caderno da Região Hidrográfica do São Francisco.** Brasília: MMA, 148p., 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017 – ANEXO XX. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 out. 2017. Seção 1, p. 360.

CBHSF – **Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/>. Acesso em: mar. 2020.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS**. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/index.php>. Acesso em: jun. 2020.

GOSS, D. W. Screening Procedure for Soils and Pesticides for Potential Water Quality Impacts. **Weed Technology**, v. 6, p. 701-708, 1992.

GUSTAFSON, D. I. Groundwater ubiquity score: A simple method for assessing pesticide leachability. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 8, p. 339-357, 1989.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Relatórios de Comercialização. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos#sobreosrelatorios>. Acesso em: jan. 2020.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Tabelas Estatísticas – SIDRA.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: mar. 2020.

IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry. **Pesticide Properties Database**. Disponível em: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/>. Acesso em: mar. 2020.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP)**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-vbp>. Acesso em: abr. 2019.

MINISTRY OF HEALTH. Ministério da Saúde da Nova Zelândia. **Guidelines for Drinking-water Quality Management for New Zealand (2nd edn)**. Volume 3 – The Datasheets. Part 2.3 Wellington: Ministry of Health. 2019.

NHMRC/NRMMC. Conselho Nacional de Saúde e Pesquisa Médica/Conselho Ministerial para Gerenciamento de Recursos Naturais do Governo Australiano. **Australian Drinking Water Guidelines 6**. Versão eletrônica. 2018.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Environmental Risk Assessment for the Registration of Acephate**. Washington, DC: USEPA, 2001.

WHO. World Health Organization. **Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum**. Geneva: World Health Organization, 2017.

CAPÍTULO 3

TECNOLOGIA NO AMBIENTE ESCOLAR: IMPLANTAÇÃO DE APLICATIVO EM ESCOLAS DA REDE PRIVADA DE ENSINO PARA MELHORIA DA GESTÃO ACADÊMICA DO DOCENTE

TECHNOLOGY IN THE SCHOOL ENVIRONMENT: IMPLEMENTATION OF APPLICATIONS IN SCHOOLS OF THE PRIVATE TEACHING NETWORK TO IMPROVE THE TEACHER'S ACADEMIC MANAGEMENT

Marina de Oliveira Guimarães [1]
Fernando Figueiredo de Abreu Júnior [2]
Igor Leão dos Santos [3]
Cristina Gomes de Souza [4]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.3

1 Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - Cefet/RJ. ORCID. marina_oguimaraes@yahoo.com.br
2 Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - Cefet/RJ. ORCID. fernando_jr45@hotmail.com
3 Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - Cefet/RJ. . E-mail.ORCID. igorlsantos@gmail.com
4 Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - Cefet/RJ. ORCID. crisgsouza@gmail.com

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo compreender a tecnologia inserida no contexto da educação e seu papel empregado no processo de ensino-aprendizagem utilizando a tecnologia como ferramenta para auxiliar professores, alunos e as escolas, para facilitar a todos em suas atividades educacionais. Na tecnologia 3.0, todo material de ensino é disponibilizado em um armazenamento remoto chamado "nuvem", onde os alunos e professores tem acesso a todo material disponibilizado e de qualquer lugar e durante a pandemia da Covid – 19 demonstrou que este método é eficaz, prático, rápido, seguro, e pode ser acessado facilmente através de um computador ou até mesmo de um smartphone. Os resultados obtidos demonstraram que a utilização da tecnologia 3.0 contribuiu nas atividades de todos os envolvidos no sistema educacional, a diminuição do estresse provocado no docente pelo curto prazo de cumprimento de atividades acadêmicas estabelecidas, otimização do tempo do professor, que em seus dias normais, tem pouco tempo para realizar todas as tarefas necessárias e desempenhar um trabalho com eficiência. Igualmente a tecnologia 3.0 ajudou o professor a ter mais agilidade e qualidade ao lecionar, como também acompanhar melhor os problemas de aprendizado dos alunos. A metodologia de pesquisa empregada na produção deste artigo se deu através de uma pesquisa exploratória, efetuada em uma instituição de ensino particular localizada no bairro da Tijuca- Rio de Janeiro. Como resultado ficou evidenciado a importância da tecnologia no contexto da educação, que contribui significativamente para o processo de ensino-aprendizagem e facilitando o trabalho de professores e aprendizado dos alunos.

Palavras-chave: Tecnologia. Educação. Nuvem. Professores. Alunos

ABSTRACT

This article aims to understand the technology inserted in the context of education and its role in the teaching-learning process using technology as a tool for auxiliary teachers, students and schools, to facilitate everyone in their educational activities. In technology 3.0, all didactic material is made available in a storage called "cloud", where students and teachers have access to all material made available anywhere and during a pandemic Covid - 19 adjustment so that this method is effective, practical, fast, secure, and can be easily accessed via a computer or even a smartphone. The results obtained showed that the use of technology 3.0 contributed to the activities of everyone involved in the educational system, reducing the stress caused by the teacher due to the short term of carrying out the defined academic activities, optimizing the teacher's time, which in his day you have little time to perform all tasks and work tasks efficiently. The 3.0 technology also allows the teacher to have more agility and quality

when teaching, in addition to better monitoring students' learning problems. The research methodology used in the production of this article was carried out through an exploratory research, carried out in a private educational institution located in the district of Tijuca, Rio de Janeiro. As a result, the importance of technology in the context of education became evident, which contributed to the teaching-learning process and facilitated the work of teachers and the teaching of students.

Keywords: Technology. Education. Cloud. Teachers. Students.

1 INTRODUÇÃO

O progresso tecnológico é reconhecido por toda sociedade como um dos principais fatores determinantes para o crescimento econômico, adicionalmente com o crescimento populacional (SOLOW, 1956). A contribuição do progresso tecnológico para o crescimento econômico tem várias dimensões (BLANCHARD; KATZ, 1999) e englobam potencialmente muitos níveis de produção, os ganhos de produtividade, a melhor qualidade dos produtos e o desenvolvimento de novos produtos que denominamos como inovação. Atualmente, na Era do Conhecimento, os primeiros efeitos da quarta revolução industrial (SCHWAB, 2016) nos processos de produção reforçam a relevância do progresso tecnológico como determinante do crescimento em todas as esferas da sociedade, seja econômico, cultural, tecnológico e etc.

Em especial, o progresso tecnológico depende do nível de capital humano, do respectivo estoque de conhecimento e habilidades das pessoas, suas formações e aplicações no mercado de trabalho. Logo, para a adequada formação de capital humano requer investimentos em educação. A história humana tem mostrado que os indivíduos com acesso à educação são os mais propensos a desenvolverem a criatividade e produzirem as ideias mais inovadoras. Portanto, a educação de qualidade é um dos fatores determinantes do crescimento econômico de longo prazo (CASTRO, 2014). Adicionalmente, o investimento em educação é uma estratégia eficaz para mitigar a desigualdade de renda e promover um crescimento econômico estável, dois aspectos ameaçados pelos potenciais efeitos adversos da quarta revolução industrial sobre o mercado de trabalho e a distribuição de renda (SCHWAB, 2016).

Segundo o artigo 205 da Constituição Federal de 1988 a educação é um direito de todos e dever do Estado e da família. O esforço para garantir este direito constitucional pode ser quantificado no gasto total com a educação, expressa em percentual do PIB, cuja magnitude tem crescido de forma consistente ao longo dos anos. Conforme indicado no relatório Aspectos Fiscais do Brasil (STN, 2018), o gasto total em educação corresponde à cerca de 6% do PIB brasileiro, valor relativamente elevado e que supera a média da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE)

avaliada em 5,5%. O gasto total em educação compreende as despesas com pessoal ativo e seus encargos sociais, bolsas de estudos, financiamento estudantil, despesas com pesquisa e desenvolvimento, transferências ao setor privado, entre outras despesas correntes e de capital.

Muitos são os problemas enfrentados pela educação brasileira para formar alunos desde o ensino básico, até o ensino superior. São diversos fatores que proporcionam resultados bem abaixo do esperado pelas instituições, famílias, sociedade, alunos e os próprios professores. Tal fato gera um impacto direto que atingindo a estrutura educacional brasileira, pois praticamente todos profissionais que atuam na educação recebem baixos salários, os professores se veem frustrados por não serem valorizados e em consequência não exercem com profissionalismo seu trabalho, esbarram nas dificuldades diárias da realidade escolar, além dos pais que não participam na educação dos filhos, entre muitos outros agravantes. As avaliações implantadas pelo governo brasileiro que avaliam a educação têm demonstrado resultados desanimadores. O site do IBGE (2017) aponta que no Brasil, 97% dos estudantes com idade entre 7 e 14 anos se encontram na escola, no entanto, o restante desse percentual, 3%, respondem por aproximadamente 1,5 milhão de pessoas com idade escolar que estão fora da sala de aula. A cada 100 alunos que entram na primeira série, somente 47 terminam o 9º ano na idade correspondente, 14 concluem o ensino médio sem interrupção e apenas 11 chegam à universidade. Desse número, nas disciplinas de português 61% dos alunos do 5ºano não conseguem interpretar textos simples e 60% dos alunos do 9ºano não interpretam textos dissertativos. Além disso, no campo da disciplina de matemática 65% dos alunos do 5ºano não dominam o cálculo, 60% dos alunos do 9º ano não sabem realizar cálculos de porcentagem.

Dentre as medidas que possivelmente poderão combater esses baixos índices acima apresentados estão:

- Mobilização da sociedade para a importância que a Educação exerce.
- Direcionamento de recursos financeiros para escolas e professores.
- Implantação de medidas políticas educacionais em longo prazo.
- Baixa ou nenhuma valorização do profissional da educação.

E é sobre essa última medida que iremos abordar nessa pesquisa, a que atinge em especial os docentes brasileiros e suas principais problemáticas relacionadas a baixa remuneração paga aos professores, falta de um sistema que beneficie os profissionais mais eficientes, excessiva carga de trabalho, existência de professores lecionando sem formação específica para a área, uso em excesso de métodos de ensino ultrapassados como questionários, cópias de lição na lousa, muitas aulas teóricas sem participação dos alunos, carência em sistemas eficientes de aperfeiçoamento, capacitação e educa-

ção continuada para professores, falta de conexão entre coordenadores escolares e professores sobre a carga de trabalho e o método de ensino pedagógico aplicado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Estima-se que 70% dos professores, do ensino básico e médio de escolas privadas, tem diagnóstico de estresse, em pesquisa realizada pelo Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (Dieese). Esse levantamento aponta que alguns dos efeitos das condições de trabalho a que são submetidos aos docentes, a maior incidência ocorre naqueles que têm jornada de mais de 30 horas semanais e enfrentam outros fatores, como superlotação de sala de aula. As atividades como elaboração de aulas, provas, lançamento de notas de frequência, reuniões pedagógicas muitas vezes em mais de uma escola afeta não somente a saúde do professor mas também a qualidade do ensino.

O estudo ainda revela que indicam que 48,5% dos professores têm diagnóstico confirmado de estresse. Do total, 63,6% de docentes afirmam lecionar mais do que a carga horária designada e 54% disseram ter mais de 35 alunos por sala de aula e em escolas diferentes.

Esses números mostram um resultado alarmante e assustador para a categoria dos professores. Para minimizar esses efeitos, o presente trabalho propõe à criação de um aplicativo interligado a nuvem que visa aperfeiçoar o tempo e facilitar o trabalho do professor, gerando mais facilidade e maior produtividade além de reduzir a sobrecarga de trabalho.

Para justificar esse sistema podemos exemplificar um docente que possui dois turnos de trabalho, um na escola A e outro na escola B. Na escola A ele possui três turmas e cada uma possui vinte e cinco alunos. E na escola B ele possui duas turmas e cada uma possui trinta alunos. Assim a estimativa total é que o professor possua cento e trinta e cinco alunos em um ano.

O docente então deve fazer cinco planejamentos de aula, dar aulas em cinco turmas diferentes, calcular e lançar cento e trinta e cinco notas diferentes e calcular o percentual de frequência para cento e trinta e cinco alunos. Com tantas atividades somadas é possível verificar que o cansaço, o lançamento de dados errados e a baixa produtividade são fatores que não são difíceis de estarem presentes na vida dos professores dessas instituições.

Para minimizar esses impactos criou-se um sistema de baixo custo em que o professor não precisa mais calcular as notas e frequência desses alunos. Além disso, a plataforma poderá manter em sua base de dados não só as informações de notas e

frequência dos alunos, ela servirá de aliada a instituição de ensino em caso de transferência de alunos de unidade, armazenamento de documentos, consulta de frequência e notas pela instituição podendo emitir relatórios aos pais e diversas outras aplicabilidades.

Dessa forma a proposta é a criação de um sistema em que seu acesso seja amplificado, e que se consolidou através de site e aplicativo, e uma rede na nuvem que pode ser acessado de qualquer lugar, de forma a prever sua funcionalidade e praticidade.

2.1 Escola X Tecnologia

Ao longo da história e no desenvolvimento da educação na tecnologia, existem três fases:

Escola 1.0 - Modelo proveniente da antiguidade, contendo duas etapas. A primeira onde a própria família fazia a "educação" das crianças e jovens, ensinando as mesmas tarefas que seus antepassados exerciam. Já na segunda fase, uma pequena parcela da sociedade passou a receber uma educação onde um mestre ensinasse um pequeno número e alunos ou somente um único aluno, vale se enfatizar que o conhecimento só alcançava a elite da sociedade. Escola 2.0 - Com a chegada da revolução industrial, houve a universalização do ensino e foi reconhecido o direito a todos os cidadãos. Porém com isso precisou criar-se um novo sistema de ensino que possibilita um único professor ensinar dezenas de alunos. A escola 2.0 possuía as mesmas características da produção industrial: tarefas repetitivas e mecânicas, trabalhos individuais e alunos enfileirados.

Escola 3.0 – A revolução tecnológica traz um novo olhar sobre a forma de se ensinar, a internet e a globalização trazem novas perspectivas de forma a tornar os espaços mais colaborativos e híbridos. A sala de aula deixa de ser um local onde os docentes somente transmitem um conhecimento, mas passa a ser um local de compartilhamento.

Atualmente estamos inseridos na Escola 3.0 onde o ensino não se baseia apenas em lecionar em sala de aula, mas usar de toda tecnologia disponível para facilitar não só o trabalho, mas para ensinar com mais qualidade e agilidade.

2.2 Vantagens de se utilizar a nuvem

O armazenamento de dados em rede de nuvem, a cada da que passa vem ganhando mais espaço e mercado, pois ela oferece diversas vantagens a seus usuários. Além de ser prática, acessível, econômica e segura. Além de proporcionar o acesso de

qualquer local. Essa tecnologia pode ser uma solução versátil a diversos tipos de problemáticas, além de ser uma solução sustentável.

> ''A computação em nuvem pode ser definida, de forma simplificada, como um paradigma de infraestrutura que permite o estabelecimento do SaaS (software como serviço), sendo um grande conjunto de serviços baseados na web com o objetivo de fornecer funcionalidades, que até então, necessitavam de grandes investimentos em hardware e software, e que, em alguns casos, funciona através de um modelo de pagamento pelo uso.'' (BORGES, HÉLDER; SOUZA, JOSÉ; SCHULZE, BRUNO; MURY, ANTÔNIO, 2011).

Os principais sistemas operacionais que se dão por meio do sistema em nuvem são: Google Chrome OS; Joli OS; YouOS; DesktopTwo; G.ho.st; eyeOS; iCloud; Ubuntu One; IBM Smart Business; Dropbox; OneDrive. No nosso estudo de caso utilizamos o OneDrive.

A seguir serão citadas as principais vantagens de se utilizar a rede de nuvens:

Proteção unificada de dados locais e na nuvem, reduzindo custos com hardware, software e esforços operacionais. Protegendo dados, onde quer que eles estejam - no datacenter, em filiais e escritórios remotos, ou na nuvem pública. Oferece ainda economia de 40% a 60% em relação às soluções tradicionais de backup.

Gerenciamento de acesso e identidade na nuvem, que oferece um conjunto consistente de funcionalidades para gerenciar usuários e grupos. Unificando os acessos dos usuários de maneira inteligente e totalmente gerenciável, com um login único para o acesso aos aplicativos na nuvem em diferentes dispositivos.

Mobilidade: solução simplificada para permitir que os professores acessem com segurança aplicativos corporativos sem a necessidade de registrar seus dispositivos pessoais.

Evita desastres: automatizando a recuperação de serviços quando acontece uma interrupção no datacenter primário com um plano de recuperação alinhado com as necessidades do negócio, processos de contingência, rotinas de testes e tarefas diárias automatizadas.

Hospedagem segura e altamente disponível para os dados na nuvem, com baixa latência e sem down time. É possível dimensionar os recursos de acordo com a necessidade da instituição, pagando apenas pelo que é utilizado.

Proporciona economia de tempo e recursos financeiros para maximizar o desempenho. Utilizando a capacidade do banco de dados e as funcionalidades conforme a necessidade da operação.

7. Permite a criação de servidores virtuais de forma customizada e automatizada, sem a necessidade de novos investimentos em hardware.

3 APLICAÇÃO

A seguir serão apresentados todo material e custo utilizado no processo, a aplicação do projeto de implantação e a instalação em uma unidade escolar.

3.1 Material e Orçamento

A infraestrutura foi orçada em material em torno de R$ 12.000,00 reais contendo:

- Conduíte de uma polegada (para passar no máximo três cabos cat 6 por conduíte)
- Repetidor de wifi
- Central de rede
- Cabo cat 6

A mão de obra para a instalação de toda a infraestrutura de instalação e funcionamento foi orçada em R$ 4.000,00 reais. Além disso, será pago mensalmente a manutenção de um salário mínimo de R$998,00 por mês a empresa que irá realizar o serviço. Opcionalmente a escola pode ainda contratar um profissional de TI para realizar a manutenção, cujo salário base é de R$ 2.500,00. Isso foi realizado em colégio como teste para aplicação em todas as unidades da rede, além disso, toda modificação e atualização custam em torno de R$ 800,00.

3.2 Projeto de implantação

O colégio em que foi adotado para implantação do sistema, possui dois andares, com vinte salas de aulas, com um quantitativo de quarenta alunos em sala, uma sala de professores, recepção, sala de diretoria, biblioteca, sala de informática.

Para a produção desse aplicativo uma modernização no colégio, será necessário que a central de rede seria melhor localizada na central de informática e toda a infraestrutura foi distribuída para todo colégio.

Foi instalado um repetidor de wifi (Repetidor Expansor de Sinal Wifi - Internet Roteador Wireless) nas salas, onde foi posicionado no teto do centro da sala. Foram instalados conduítes de uma polegada para instalação de um fio Cat 6 (ele tem especificações ainda mais rigorosas quando se trata de interferência, e é capaz de atingir velocidades de até 10 GB).

Uma empresa terceirizada que fornece serviços de conexão com a rede de internet com os repetidores de Rede Wi-Fi e os cabos “Cat 6” foi contratada para diminuir

ao máximo a perda de dados, existindo cabos independentes para cada sala a fim de melhorar a eficiência.

Após toda infraestrutura receber a Rede Wi- Fi contratada ficará a disposição da escola um técnico de TI para realizar a interface e os ajustes finais, testes entre o aplicativo, que será usado ou pelo telefone ou pelo notebook do professor, utilizando a rede do colégio.

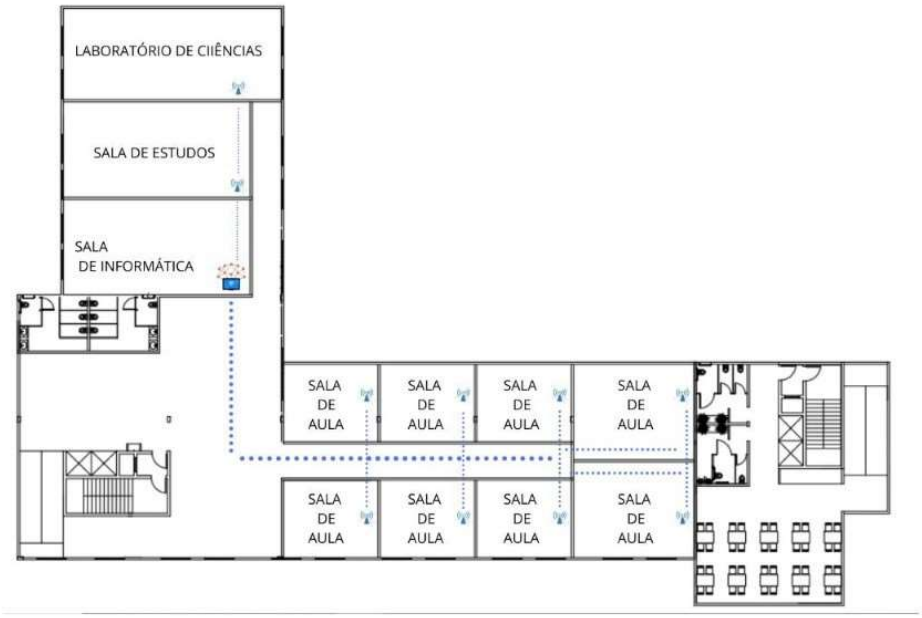
O aplicativo possui uma tabela virtual em Excel na qual o professor ira lança as notas e bimestrais e de frequência. Ao finalizar o lançamento, a planilha fará a o cálculo atualizando a nota e frequência do aluno que irá enviar automaticamente as notas para a nuvem, ao qual ficarão armazenadas até a próxima atualização.

O profissional de TI responsável e especializado por fazer a manutenção, atualização do sistema e aperfeiçoando do aplicativo deverá estar integrado de toda a necessidade da instituição para o atendimento das demandas e perfeito funcionamento do sistema.

Para tal são organizadas reuniões semanais para corrigir possíveis falhas, acompanhamento do desempenho do sistema e realizar treinamentos com os funcionários e professoras que atuarão diretamente com aplicativo no dia a dia. Dessa forma será possível relatar possíveis falhas sistêmicas, testes e outros problemas que possam ocorrer para comunicação e prévia solução desses problemas técnicos pelo profissional.

A figura 1 ilustra as informações mencionadas no projeto descrito através de uma planta baixa.

Figura 1 - Planta baixa de instalação do projeto**.**



Fonte: Os autores (2021).

3.3 Instalação

A nuvem comporta, através de pastas, todas as unidades da instituição da rede de ensino, e em cada unidade uma pasta contendo os anos, e dentro de cada pasta as turmas, e por fim, dentro da pasta de cada turma armazenaria a documentação, notas, frequência, relatórios, histórico e toda documentação relevante de cada um dos alunos.

Na possibilidade de um aluno ser transferido de unidade, por exemplo, um responsável que trabalha na Barra da Tijuca, mudou de emprego passando a trabalhar em Copacabana e alterando a logística de deixar o aluno na escola e ir para o trabalho. Por consequência, o aluno teria que mudar de escola ou ser transferido de unidade. Com esse sistema o responsável apenas solicitaria digitalmente a transferência do aluno de unidade, informando a turma e o turno que ele estava matriculado e o profissional capacitado fazer a mudança de unidade digitalmente. Bastaria acessar a página do One Drive, na pasta da unidade qual ele está matriculado, turma, turno e depois a sua sala. O aluno iria para a nova unidade sem burocracia de fazer nova matrícula, recolher toda documentação escolar, notas e todo processo burocrático que envolve uma transferência. Além disso, a instituição não estaria sujeita a perder o aluno para uma escola concorrente. Desta forma a instituição escolar aperfeiçoaria o tempo e mão de obra consumida na simples transferência de um aluno.

Após ser lançada a nota na planilha virtual, e através de uma interface de ilustração de como seria a programação na linguagem Java.

O sistema realiza o cálculo da média do aluno e frequência. Dessa forma o professor não necessitaria em realizar nenhum cálculo de nota, média ou porcentagem de frequência, uma vez que já tem que preparar aulas, provas, frequentar reuniões, se deslocar entre as unidades e etc. Através da linguagem de programação, isso seria feito automaticamente pelo sistema conforme exemplo ilustrado abaixo.

O nome de um aluno, suas quatro notas bimestrais, a média para aprovação (média ≥ 6), a média para recuperação (4 ≤ média < 6) e a quantidade de aulas dadas. O programa mostrará o nome do aluno e sua situação geral ("Aprovado", "Recuperação", "Reprovado por Faltas" ou "Reprovado por média"). Sendo o percentual mínimo de frequência de 75%.

O acesso ao aplicativo é simples, consumindo baixa capacidade de dados da internet ou espaço de memória no telefone, a interface será colocada na tela inicial na qual aparecerá um formulário onde o usuário preencherá seus para login e senha e posteriormente será direcionado a outra em que poderá realizar todas as funções.

Futuramente espera-se que o aplicativo seja aperfeiçoado para que, a ferramenta, que também possui versão web, se torne uma solução completa para a comunicação escolar, e contemple todos os pontos de contato entre pais de alunos, professores e instituição de ensino. Espera-se enviar recados com limitação de horários e estatísticas de visualização, receber autorizações para passeios escolares, retirada do aluno por terceiros, agendar eventos escolares e sincronizá-los com a agenda do celular dos pais comunicando-os através de envio de alertas.

No que tange a instituição, busca-se encaminhar pareceres diários sobre os alunos, informar à escola quando o estudante entrou na instituição e quando o pai dele já está próximo para buscá-lo (sincronização com GPS), o que diminui consideravelmente as filas de transporte escolar ou de carros em frente à escola, receber pagamentos, gerar boletos e cobrar inadimplentes de forma automática, entre diversas outras possibilidades.

A ferramenta gera uma grande economia de tempo para os professores, que não precisam mais anotar recados na agenda de cada aluno e nem conferir a resposta, pois tudo ocorre de forma virtual, em poucos cliques. Além disso, as chamadas se tornam desnecessárias porque a sincronização com a catraca na entrada da escola permite que a escola saiba quais alunos já entraram na instituição.

Outro fator considerável é a eliminação do papel entre as comunicações escolares. Gerando uma redução de recursos de até 90%. Assim a instituição de ensino que

adotar o aplicativo, mostrará na prática os seus ensinamentos sobre sustentabilidade, que não serão apenas teóricos.

4 METODOLOGIA

O tipo de metodologia utilizado foi a exploratória. Este tipo de pesquisa preocupa-se em identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos (GIL, 2007). Ou seja, este tipo de pesquisa explica o porquê das coisas através dos resultados oferecidos. Segundo Gil (2007, p. 43), uma pesquisa explicativa pode ser a continuação de outra descritiva, posto que a identificação de fatores que determinam um fenômeno exige que este esteja suficientemente descrito e detalhado. Pesquisas desse tipo podem ser classificadas como experimentais e ex-post facto (GIL, 2007).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este trabalho apresentou a proposta de se criar um aplicativo interligado a nuvem que visa aperfeiçoar o tempo e facilitar o trabalho do professor, gerando maior produtividade e redução da sobrecarga de trabalho, além de contribuir com a preservação da saúde do professor. A relevância deste trabalho foi apresentada através de resultados de pesquisas que apontam índices preocupantes de diagnósticos de estresse dos professores, do ensino básico e médio de escolas privadas. Dentre as principais causas estão às longas jornadas de trabalho, a superlotação das salas de aula além das atividades de elaboração de aulas, provas, lançamento de notas e frequências, entre outros.

Além dos ganhos de saúde, espera-se que o uso do aplicativo venha colaborar com a atuação do professor dentro do conceito da "Escola 3.0", que visa a partir do incremento de toda a tecnologia possível oferecer um ensino com mais qualidade e agilidade de forma a prever sua funcionalidade e praticidade. A utilização da nuvem tem ganhado mais espaço e mercado a cada ano que passa. As principais vantagens de utilizar a nuvem foram apresentadas e vai desde proteção unificada de dados locais e na nuvem, gerenciamento de acesso e identidade na nuvem que oferece um conjunto consistente de funcionalidades para gerenciar usuários e grupos, mobilidade que permite aos professores acessarem com segurança, até a economia de tempo e recursos financeiros, entre outras vantagens. O aplicativo será utilizado pelo telefone ou notebook do professor.

O funcionamento do aplicativo se dá a partir de uma tabela virtual em Excel onde o professor fará o lançamento das notas bimestrais e frequência. Ao término do lançamento, a planilha fará o cálculo atualizado enviando as informações para a

nuvem onde ficarão armazenadas até a próxima atualização. Uma linguagem de programação foi utilizada para tornar possível a atualização automática, a linguagem em Java foi utilizada neste projeto.

Além das vantagens apresentadas, como o baixo consumo da capacidade de dados da internet ou ainda espaço de memória no telefone, espera-se que futuramente o aplicativo amplie suas funcionalidades. Uma versão Web, por exemplo, ofereça uma solução completa para a comunicação escolar e crie um elo entre escola, pais, alunos e professores. Algumas das expectativas são: permitir enviar recados com limitação de horários e estatísticas de visualização, receber autorizações para passeios escolares, retirada do aluno por terceiros, agendar eventos escolares e sincronizá-los com a agenda do celular dos pais comunicando-os através de envio de alertas, entre outras funções.

A indagação que permeou este estudo está centrada em como uma rede de sensores pode aperfeiçoar o sistema educacional de maneira eficiente e ainda melhorar a gestão escolar. Com essa pesquisa é possível contribuir para melhores práticas no uso da tecnologia que favoreçam um melhor uso para a gestão dos recursos destinados à educação. Por meio desta pesquisa foi possível verificar que há uma forte relação de baixa eficiência dos professores na longa jornada de trabalho e através do aplicativo, concluiu-se que houve um ganho de eficiência provocado pela redução no número de horas destinado ao cálculo de notas.

A coleta dos dados consistiu em extrair, das bases de dados disponíveis na instituição situada do bairro da Tijuca, a quantidade média de alunos, o número de turma de que cada professor possui e obtenção dos dados anuais referentes às dimensões a rede de ensino, expressas pelo número de matrículas, número de professores e número de escolas.

A comparação dos dados proporcionou um rol de desempenho e gestão de políticas aplicadas à eficácia da educação escolar. Estudo esse que pode contribuir para que outras instituições privadas possam usufruir das metodologias aplicáveis, possibilitando a correção e ou manutenção de seus procedimentos de gestão escolar utilizado atualmente.

Na aplicação da pesquisa podem-se observar algumas limitações: os dados obtidos foram utilizados com base em uma escola privada, não necessariamente as demais possuem o mesmo quantitativo de alunos ou a mesma estrutura. Não foi realizada análise da eficácia do de cada unidade isoladamente, apenas de uma (Tijuca), visando averiguar se o valor a aplicação da proposta desse estudo atende aos para os propósitos educacionais aos quais foram destinados. Assim, a análise tratada nessa pesquisa consiste apenas para a unidade escolar.

Os resultados obtidos através do aplicativo podem indicar escolas baixa produtividade de professores, porém é necessário levar em consideração fatores de um número maior de docentes como fatores como relevantes e importantes no desenvolvimento do aprendizado do aluno.

É importante um aprofundamento em estudos para identificar as demais causas e soluções que, atualmente, impedem o professor de alcançar a meta estipulada pela instituição e podem ser fatores externos a pesquisa proposta nesse trabalho.

Como pesquisas futuras sugere-se um maior aprofundamento na área educacional com acompanhamento docente na instituição escolar e as tecnologias empregadas.

Esse acompanhamento é variável pelo número de escola, turma e aluno que o professor esteja lecionando, fazendo com que a alta carga de trabalho na educação seja prejudicada pela falta de investimento em tecnologia. Assim, a educação sendo um dos principais pilares, é extremamente importante para o orçamento da instituição, mas por outro lado, irá refletir de maneira grandiosa na vida e saúde dos professores. Logo, acompanhar a relação de cada um com as tecnologias adotadas a fim de diagnosticar problemas, receber feedbacks e promover uma melhoria constante é essencial, pois além de motivar o uso da tecnologia professores, é necessário ajudá-los a empregá-la da melhor maneira possível, oferecendo treinamentos, aulas de informática e até funcionários auxiliares para deixá-los mais seguros com o uso dos novos recursos tecnológicos. Além de fomentar o uso da tecnologia entre esses profissionais, é preciso ainda ajudá-los a empregá-la da melhor maneira possível, oferecendo treinamentos, aulas de informática e até funcionários auxiliares para deixá-los mais seguros com o uso dos novos recursos.

Em tempos de incerteza, a educação se revela ainda mais necessária e urgente. E a pandemia do corona vírus tem sido implacável ao expor em muitos de nós a falta de informação e o despreparo para lidar com temas relacionados ao uso seguro da internet, sobretudo por crianças e adolescentes.

Longe fisicamente da escola e dos amigos, o distanciamento social é compensado por uma intensa vida online, marcada pelo aumento repentino no tempo de uso de aparelhos conectados à internet. A COVID-19 está transformando também a internet.

Os sistemas educacionais permanecerão expostos e vulneráveis, se pensamos em reverter ao que fazíamos antes da crise da escola vazia ou se nos basearmos diretamente no que estamos emergencialmente praticando.

Os sistemas educacionais em relação à pandemia do Covid -19 proporcionam uma perfeita evidência de que há prejuízos na experiência escolar presencial, pois cen-

trada exclusivamente nos encontros presenciais e o risco de contrair o vírus, as aulas remotas são uma excelente solução para que os alunos não percam o ano letivo.

A situação educacional durante a pandemia é complexa e desafiadora. Muitos professores ainda inexperientes no que tange a aulas remotas, pouco capacitados e com suporte insuficiente. Alunos que não se encaixam no modelo remoto e docentes que foram obrigatoriamente incorporados após terem resistido por anos à EAD.

Além disso, o formato on-line é capaz de demonstrar o quanto a abordagem tradicional é profundamente falha. A tradicional "crise de aprendizagem" já percebida em todo o mundo é resultado da ineficácia hoje presente no ensino presencial. Os estudantes se formam nas escolas com déficits significativos em relação ao que deveriam ter aprendido. Os impactos de uma Educação Básica problemática são diretos e prejudicialmente sentidos na também Educação Superior.

O modelo praticado na educação presencial pela maioria dos sistemas educacionais ainda se baseia nas demandas da Sociedade Industrial onde as aulas passaram a ser padronizadas, unidirecionais, centradas no professor e no silêncio obsequioso dos alunos. A organização do currículo é planejada em séries e disciplinas, caracterizando uma fragmentação do conhecimento em unidades especializadas mas que dialogam.

A maioria das práticas tradicionais em salas de aula, ora aplicadas no campo digital, baseiam-se em metodologias desenvolvidas antes de existir a Internet. Não incorporam a experiência de aprendizagem cooperativa, quando estudantes são convidados a usarem as redes digitais para criarem seu próprio conteúdo, colaborarem entre si e participarem de comunidades virtuais de aprendizagem, no que se torna uma poderosa ferramenta de engajamento e auto-organização.

Ou seja, o design tradicional das relações de ensino-aprendizagem presenciais hoje praticados não nos serve mais nesta época pandêmica, visto que, cuidado e consciência são necessários para resolver os grandes problemas relacionados ao isolamento social enfrentados atualmente no mundo. Não há melhor momento de mudar isso do que na resposta ainda emergente à pandemia atual. E nesse contexto, fatores tecnológicos que contribuam para a economia de tempo, custo e contribuam para o ensino remoto e para a educação em geral, são fatores relevantes a serem considerados durante a pandemia da Covid – 19.

REFERÊNCIAS

BLANCHARD, Oliver J.; KATZ, Lawrence, F. Wage Dynamics: Reconciling Theory and Evidence, American Economic Review, v.89, n.2, 69-74, 1999.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

MOREIRA, A. Eficiência do gasto da educação fundamental municipal, Texto para Discussão 2308, IPEA, Rio de Janeiro, junho, 2017.

PICANÇO- G. A. S.- Desenvolvimento e implementação de uma Rede de Sensores Sem Fios de baixo custo para aquisição em tempo real de dados ambientais na Flona do Tapajós – PA. Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Pará, 2017

SCHWAB, K. A quarta revolução industrial, São Paulo: Edipro, 2016.

SOLOW, R. A. Contribution to the theory of economic growth, The Quarterly Journal of Economics, v. 70, Feb. 1956.

STN, Aspectos Fiscais da Educação no Brasil, Julho, 2018.

TAVARES, L. Redes de sensores sem fio- 2002. Disponível em: https://www.gta.ufrj.br/grad/02_2/Redes%20de%20sensores/Redes%20de%20Sensores%20Sem-fio.htm#_Toc27989330> Acesso em: 08 jan. 2021.

CAPÍTULO 4

SEIS SIGMA - QUALIDADE E COMPETITIVIDADE

SIX SIGMA - QUALITY AND COMPETITIVENESS

Hugo Silva Ferreira[1]
Ronnan Hudson Jardim de Melo[2]
Anderson Augusto Oliveira[3]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.4

1 Mestrando em Administração, Pós-Graduado em Docência do ensino Superior, MBA em Gestão de pessoas e Educação Corporativa, Bacharel em Administração, Tecnólogo em Processos Gerenciais. ORCID https://orcid.org/0000-0002-6511-9673. E-mail: Prof.hugosferreira@gmail.com
2 Bacharel em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. ORCID https://orcid.org/0000-0001-5714-2550. ronnanjardim@outlook.com
3 Mestre em Administração, Faculdade Única de Contagem. E-mail: anderson.o.augusto@gmail.com

RESUMO

O Seis Sigma é um programa de gestão comprovadamente eficiente, capaz de melhorar o desempenho das empresas, ampliando a qualidade de seus produtos e, consequentemente, a sua competitividade, por meio da satisfação do cliente. Este artigo tem por objetivo expor um breve relato do que é o programa Seis Sigma, destacando seu breve histórico, o demonstrativo de cálculos estatísticos que o compõe, o grupo hierárquico de responsáveis pela implementação deste programa e a consolidação de seus resultados. Para conquistar os objetivos deste, foi estudado o conceito do programa, que visa, por meio de apontamentos estatísticos, garantir a qualidade e competitividade às empresas que o adotam. Estes estudos foram realizados a partir de pesquisas bibliográficas qualitativas em periódicos científicos como artigos e livros. Em suma, percebe-se que este estudo é de grande valia para despertar o desejo de futuros pesquisadores sobre o tema e instigar novas empresas a adotarem esta boa prática para seus negócios.

Palavras-chave: Gestão Estratégica. Qualidade e Competitividade. Seis Sigma. Gestão da Qualidade.

ABSTRACT

Six Sigma is a proven efficient management program, capable of improving the performance of companies, increasing the quality of their products and, consequently, their competitiveness, through customer satisfaction. This article aims to expose a brief account of what the Six Sigma program is, highlighting its brief history, the statement of statistical calculations that compose it, the hierarchical group of people responsible for implementing this program and the consolidation of its results. To achieve its objectives, the concept of the program was studied, which aims, through statistical notes, to guarantee the quality and competitiveness of the companies that adopt it. These studies were carried out based on qualitative bibliographic research in scientific journals such as articles and books. In short, it is clear that this study is of great value to awaken the desire of future researchers on the subject and to instigate new companies to adopt this good practice for their business.

Keywords: Strategic management. Quality and Competitiveness. Six Sigma. Quality management.

1 INTRODUÇÃO

Um dos principais programas para gestão da qualidade e aumento da competitividade em uma organização é o Seis Sigma, que possui uma grande relevância para melhorar o desempenho das empresas que o adotam. À medida que a transformação

da indústria ocorre, se torna mais evidente a necessidade de renovação das empresas para alcance da plena competitividade, a fim de garantir seu crescimento sustentável e diferencial competitivo. Um gestor que se preocupa com esses fatores sabe que sua empresa não está imune às mudanças necessárias do mercado, muitas das vezes demandadas pelos próprios clientes. Com essas questões em pauta, surgiram as duas maiores tendências de otimização do processo produtivo do século XXI: o *Lean Manufacturing* e o *Six* Sigma.

Serão abordados neste artigo os conceitos do Seis Sigma (*Six* Sigma), um programa que busca renovar as empresas para torná-las mais competitivas, mantendo-se a assertividade dos processos em execução, mantendo o foco na qualidade de seus processos e reduzindo as falhas operacionais para uma margem de Seis Sigma.

Em meados da década de 1980, as empresas de tecnologia norte-americanas já mostravam interesse e preocupação com a redução dos custos da cadeia produtiva. A Motorola é um exemplo de empresa que, nesta ocasião, estava com custos de produção elevados e com uma publicidade negativa em relação à qualidade dos seus produtos, surgindo assim a necessidade de mudanças. A indústria japonesa desenvolvia neste período um conjunto de técnicas para a prática da manufatura com produção enxuta (*Lean Manufacturing*), hoje bem representados pelos 5S: Sistema *Poka Yoke*, *Just-in-time*, *Kanban*, Sistema PDCA, TPM - Manutenção Produtiva Total, dentre outros, incluindo o Seis Sigma, para garantir a competitividade global das empresas japonesas.

Segundo Deming (1990), a definição de qualidade depende de quem avalia seus termos. Para um gestor da organização, o significado de qualidade é produzir a quantidade total estimada para atender às necessidades completas do cliente.

Por meio desta premissa, sabe-se que os interesses dos clientes estão sempre "à mesa" para direcionar toda a forma com que o produto deve ser produzido dentro do processo de manufatura, evitando desperdícios e gastos desnecessários.

2 BREVE HISTÓRICO DO SEIS SIGMA

O Sigma, representado por uma letra do alfabeto grego (Σ) faz referência a uma medida de variação utilizada em estatística. No universo empresarial, essa letra significa a taxa de desperdícios e desvios por operação. Assim, você pode usar o programa Seis Sigma para calcular, em resolução matemática, o desempenho dos processos de uma organização e ser capaz de obter um diagnóstico capaz de mostrar os itens a serem melhorados, garantindo maior competitividade e qualidade.

O programa Seis Sigma ganhou crédito no ano de 1988, pois no ano anterior a empresa Motorola enfrentava um período conturbado, necessitando se reinventar

para tornar-se mais competitiva para o mercado que se mostrava com vários entrantes de inovação. Com o programa, conseguiu manter foco na qualidade de seus processos, reduzindo as falhas operacionais para uma margem de Seis Sigma. Com seu sucesso, o programa foi considerado o responsável pelo avanço sustentável da organização, atraindo a atenção de companhias como Navistar, AlliedSignal, General Electric (GE), ABB e GenCorp, que passaram a aplicá-lo em seu local de trabalho.

Na condução do programa, por meio da utilização de ferramentas estatísticas, verifica-se a variabilidade e o desempenho do processo produtivo, uma vez que se algo está fora do padrão, é considerado defeituoso.

Segundo Welch (2001), apontado por Magalhães e Oliveira (2011, p. 6),

> [...] o grande engano é supor que o Seis Sigma trate de controle de qualidade e de fórmulas estatísticas. Em parte é isso, mas não fica só nisso. Vai muitíssimo além. Em última instância, impulsiona a melhoria da liderança, ao fornecer instrumentos para que se raciocine sobre assuntos difíceis. No âmago do Seis Sigma, agita-se uma ideia capaz de virar uma empresa pelo avesso, deslocando o foco da organização para fora de si própria e convergindo-o no cliente.

Visto isso, os objetivos do programa são: aumentar a qualidade dos produtos, reduzir o tempo de produção, reduzir defeitos, falhas e erros, aumentar a lucratividade, satisfazer os clientes, otimizar estoques, dentre outros. Suas etapas principais são: definir prioridades, analisar os dados, mensurar, melhorar e controlar o processo. Portanto, várias ferramentas podem ser utilizadas para o alcance dos objetivos de cada etapa.

Os ganhos das empresas que utilizam o Seis Sigma podem ser evidenciados a seguir:

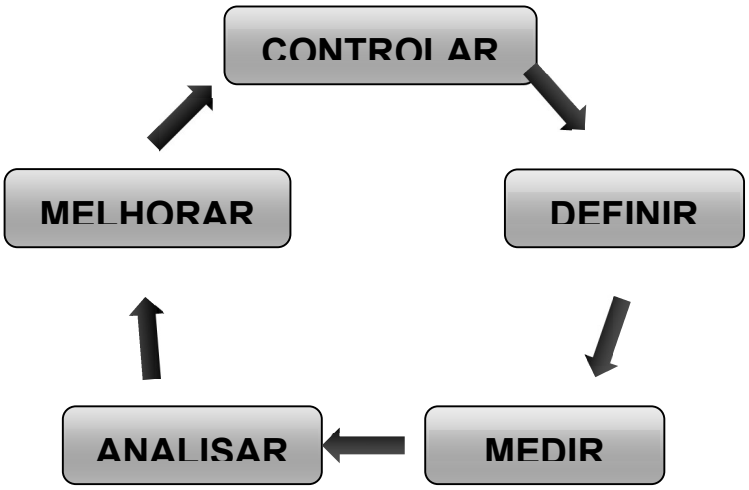
- Melhora da eficiência dos processos internos;
- Redução dos custos e aumento da qualidade dos processos;
- Anulação dos defeitos e redução do ciclo dos processos;
- Melhoria do serviço oferecido para o cliente.

Uma das principais ferramentas utilizadas dentro do Seis Sigma é o *Brainstorm* ("Chuva de ideias"): um grupo ou um indivíduo é incentivado a obter ideias em um curto espaço de tempo − levantar causas e efeitos, trazer sugestões de melhorias e identificar possíveis problemas. Essa tarefa é extremamente necessária para a delimitação de desvios e falhas, além da definição do padrão de qualidade conforme necessidades do cliente.

3 DMAIC

Ressalta-se que os projetos para controlar os desvios ou falhas no processo são definidos a partir da estratégia DMAIC (acrônimo para Definir, Mensurar, Analisar, Incrementar e Controlar), conforme mostra a figura 1:

Figura 1 - DMAIC



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

De forma geral, a estratégia DMAIC é definida conforme os tópicos listados a seguir:

- **Definir:** Coloca-se as metas de modo claro e objetivo, garantindo, assim, que estes novos objetivos venham de encontro com as necessidades estratégicas da empresa;
- **Mensurar:** Nesta etapa, apura-se exatamente como é o processo já existente na empresa, garantindo, assim, em nível de métrica, a mensura válida e confiável para ajudar a monitorar todo o processo conforme metas definidas;
- **Analisar:** Esta análise deve ser feita conforme dados sólidos e estatísticos, sendo capaz de identificar a distância entre os números atuais e os impostos pela meta;
- **Incrementar:** Significa que seu sistema atual será melhorado e não substituído. É necessário ter criatividade para encontrar soluções para melhoria do sistema atual;
- **Controlar:** É necessário garantir que as metas cumpridas sejam mantidas a longo prazo por meio do controle.

Tudo se inicia pelo planejamento. O *Brainstorm* (Chuva de ideias), como dito anteriormente, é uma ferramenta de grande importância para a preparação e planejamento das ações futuras, definindo, a partir das necessidades levantadas, as metas a serem cumpridas para implementação da análise estatística da variabilidade do processo.

A empresa que implementar o programa deverá desenvolver métodos para mensurar e analisar seu processo, entendendo assim quais os quantitativos do processo

produtivo e seus possíveis desvios. Para aplicar o processo na empresa é necessário engajar toda a equipe, que deverá estar totalmente envolvida no processo de implementação, seja ela de diferentes áreas ou níveis hierárquicos.

Durante o desenvolvimento do projeto é necessário apontar o local em que o processo falha e as oportunidades de melhoria para a plena satisfação do cliente. Com base nesse apontamento, delimita-se as estratégias necessárias para prosseguir com o processo.

4 CÁLCULO DE DPMO

O cálculo de DPMO (Defeitos Por Milhões de Oportunidades) pode ser associado ao Sigma para definição de qualidade em um processo. Para calcular o DPMO, deve-se compreender três termos, conforme descrito a seguir:

1 - Qual a diferença entre os termos "defeito" e "defeituoso"? Defeito é tudo que foge da normalidade de um processo, sendo assim, cada ocorrência que fazemos em relação ao processo é um defeito e o produto ou serviço geral pode ou não ser defeituoso.

2 - O que é DPU (Defeitos por Unidade)? Vejamos um exemplo: no processo de produção de rodas, pode-se ter, em um lote de 100 peças, um total de 5 com defeito; sendo assim, tem-se o valor de 0,05 como taxa de defeitos por unidade (lote) de rodas, conforme mostra o cálculo na figura 2:

Figura 2 - Cálculo de DPU

$$DPU\ (Defeitos\ Por\ Unidade) = \frac{Quantidade\ de\ defeitos}{Amostragem} = \frac{5}{100} = 0{,}05$$

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

3 - Por fim, o terceiro termo que se precisa ter para calcular o DPMO é o termo do DPO (Defeitos por Oportunidade). Vamos utilizar o exemplo anterior: temos 100 rodas como amostras e sabe-se que as possibilidades de defeitos neste produto são 5, conforme exemplos descritos a seguir: diâmetro inadequado, superfície não conforme, rosca danificada, variação dos furos e pintura inadequada. Sendo assim, sabe-se que, para a amostra com 100 rodas, devem ser consideradas 500 chances de errar (Modos de Falha) como demonstrado na figura

Figura 3 - Cálculo de defeitos por unidade

$$Chances\ de\ defeitos = Modos\ de\ falha\ x\ Amostragem = 5\ x\ 100 = 500$$

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Para este exemplo, sabe-se que os defeitos foram percebidos em apenas 5 rodas. Sendo assim, o DPO (Defeitos por Oportunidade) será dado por:

Figura 4 - Cálculo de defeitos por oportunidade

$$DPO\ (Defeitos\ Por\ Oportunidade) = \frac{Quantidade\ de\ defeitos}{Modos\ de\ falha\ x\ Amostragem} = \frac{5}{5\ x\ 100} = 0{,}01$$

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Sabendo de todos estes conceitos, pode-se definir o DPMO como sendo o cálculo do DPO em grandeza de milhão, pois o objetivo de calcular o DPMO é saber a taxa de DPO em um milhão de casos. Para este exemplo, pode-se definir o DPMO dessa forma:

Figura 5 - Cálculo de defeitos por milhão de oportunidades

$$DPMO = DPO\ x\ 10^6 = 0{,}01\ x\ 10^6 = 10.000$$

Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

O DPMO ou PPM (como também usualmente chamado) pode ser utilizado para um comparativo de um projeto que se utiliza o conceito do *Six* Sigma. Como exemplo, pode-se calcular os defeitos por milhão de oportunidade

no início e no fim do processo produtivo, e, após este período, saber qual a variável de defeito, entendendo também os ganhos ou perdas do processo.

A tabela a seguir apresenta de forma simplificada a conversão do valor de DPMO para achar o valor do Sigma. Lembrando que o nível de perfeição varia de acordo com cada processo e cada empresa, cabendo à esta definir o nível de Sigma desejado.

Tabela 1 - Conversão em sigma.

Tabela Simplificada de Conversão em Sigma		
Seu nível de perfeição é...	Seu DMPO é...	Seu Sigma é...
30,9 %	690.000	1,0
69,2 %	308.000	2,0
93,3 %	66.800	3,0
99,4 %	61.210	4,0
99,98 %	320	5,0
99,9997 %	3,4	6,0

Fonte: Pande, Neuman & Cavanagh (2001).

Um termo comumente utilizado é a distribuição de um processo, sendo que normalmente os processos de fabricação seguem um padrão predefinido que garante a qualidade do produto final. Para estes processos conduzidos dentro do contexto normal, o Sigma representa uma faixa de variação tipicamente de 68,27% em torno da média, quando se fala de distribuição em forma de gráfico de sino. Logo, quanto maior o Sigma, menor a possibilidade de defeito. É de extrema importância frisar que quando há muita variação, isto representa ao gestor uma grande incapacidade de controle do processo, podendo ter maior possibilidade de falhas ou defeitos. Em outras palavras, quanto maior o nível Sigma, menor a possibilidade de agradar ao cliente.

O gráfico seguinte representa a métrica qualidade do Sigma obtida pela distribuição normal e porcentagem de falhas ou defeitos por milhão de unidades de produção, sendo representada no gráfico as áreas sob a curva normal.

Figura 6 - Distribuição de desvio gráfico de sino.

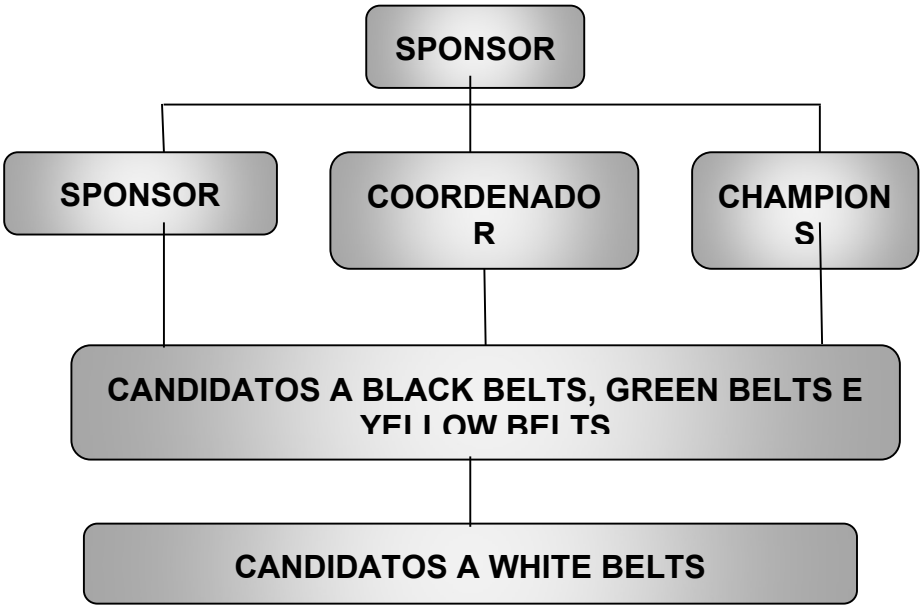
Fonte: Larson R.; Farber B. (2015).

Ao final do processo, deve-se continuar com o procedimento de implementação de melhoria contínua, pois se deve garantir que as metas alcançadas sejam mantidas por um longo prazo, além de aumento da qualidade da empresa para ganhos em diversos sentidos, assim como a competitividade.

5 RESPONSÁVEIS PELO SEIS SIGMA

Para que se tenha sucesso na implementação do programa, a empresa deve estar disposta a investir e disponibilizar recursos para a formação e o treinamento da equipe de implementação do programa. Na figura seguinte, estão representados quais os responsáveis e os especialistas dos Seis Sigma em uma empresa:

Figura 7 - Hierarquia de comando, especialistas dos Seis Sigma.



Fonte: Desenvolvida pelos autores (2019).

Detalhamos, a seguir, os itens apresentados na Figura anterior:

Sponsor do Seis Sigma: É o primeiro na hierarquia de desenvolvimento e implementação do programa, sendo que este é o colaborador responsável por definir as diretrizes para implementação do programa na empresa;

***Champions*:** É o "vice-presidente" do programa, pois auxilia o *Sponsor* do Seis Sigma na implantação do programa;

***Master Black Belt*:** Pode ser caracterizado como o coordenador do programa Seis Sigma. Esta função é bem representada por um especialista em ferramentas estatísticas, tendo a função de auxiliar os *Black Belts* no desenvolvimento de seus trabalhos;

***Black Belts*:** Lideram as equipes no funcionamento dos projetos, sendo os profissionais de maior atuação e visibilidade na estrutura de implementação do Seis Sigma. Para ser um *Black Belt*, é interessante possuir perfil profissional proativo, habilidades de relacionamento interpessoal, entusiasmo e comunicação, motivação para alcançar resultados e efetuar mudanças às vezes drásticas, que tiram os colaboradores da zona de conforto, além de ter o carisma dos colaboradores do setor e um bom índice de conhecimento técnico da área de trabalho.

***Green Belts*:** São os colaboradores da empresa membros das equipes lideradas pelos *Black Belts*, ou, em casos diferenciados, são líderes de equipes na condução de outros projetos menores. As características dos *Green Belts* são parecidas com as dos *Black Belts*, mas com menor relevância nos aspectos de comportamento e na aplicação técnica das ferramentas estatísticas.

***White Belts*:** São os colaboradores do nível operacional da empresa, treinados e instruídos nos fundamentos do Seis Sigma para que possam dar suporte aos *Black Belts* e *Green Belts* na implantação do projeto.

6 METODOLOGIA

O estudo sobre o Seis Sigma neste artigo foi desenvolvido em uma única etapa. Nesta etapa, foi definida a metodologia exploratória para identificar, analisar e concluir sobre o tema em questão, a partir da literatura disponível de outros artigos, literatura específica e também de entrevistas com profissionais que implementam e atuam no ambiente em que possui o sistema implementado do Seis Sigma. Segundo Selltiz, Cook e Wrightsman (1975, p. 60) e Marconi e Lakatos (2005, p. 190), um estudo exploratório tem, dentre muitas funções, a de aumentar o conhecimento do explorador e pesquisador acerca do tema que deseja investigar, estudar e esclarecer conceitos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após o estudo sobre o tema, pode-se considerar que o Seis Sigma tem por finalidade garantir, para as empresas que o implementam, uma margem de desvio mínima e um alto padrão de qualidade, algo que as empresas devem sempre almejar em seus processos, para obter uma maior competitividade no mercado, garantindo a satisfação das necessidades dos clientes. Se a intenção de melhoria da organização é reduzir a variabilidade do processo e aumentar a produtividade eliminando desperdícios, acredita-se que o *Six Sigma* é a ferramenta certa para alcançar estes objetivos.

Acrescenta-se que existem empresas certificadoras da implementação deste programa e os custos variam conforme a dificuldade de implementação. Sabe-se que a adoção do Seis Sigma gera variações conforme o porte da empresa devido ao número de pessoas que estarão envolvidas no processo de treinamento. Garantir a certificação é de extrema importância para as empresas que gostariam de se destacar no mercado com o diferencial de qualidade e eficiência dos processos e serviços, obter maiores lucros pelo controle dos

desperdícios e melhorar a satisfação dos clientes e/ou fornecedores pela manutenção da qualidade do processo de forma contínua.

Podemos destacar várias empresas que já adotam este programa de qualidade como, por exemplo, Motorola, GE, IBM, Xerox, Texas Instruments e AlliedSignal, que mostram a implementação deste programa como sendo de extrema importância para o desenvolvimento estratégico delas próprias. Destaque para a GE que, sob a direção do presidente-executivo Jack Welch, teve contribuições ótimas tanto para a empresa quanto para o futuro do Six Sigmas no universo empresarial e administrativo.

O Seis Sigma permite, além de todos os benefícios já citados, uma mudança na cultura organizacional benéfica ao crescimento sustentável da empresa, gerando foco na melhoria contínua e controle do processo para garantir o máximo de eficiência e qualidade.

REFERÊNCIAS

ACTION, Portal. Métrica da qualidade: Sigma. **Portal Action**, São Carlos, SP. Disponível em: http://www.portalaction.com.br/aplicacoes-usando-o-action-stat/23-metrica-da-qualidade-sigma. Acesso em: maio 2018.

ARNDT, Michael. Método Seis Sigma torna-se um "evangelho" para o setor de serviços. **Business Week**, Chicago, 2002.

DEMING, William Edwards. **Qualidade**: a revolução da administração. Tradução de Clave Comunicações e Recursos Humanos. Rio de Janeiro: Marques-Saraiva, 1990.

INTRANET, 3M do Brasil. **O processo DMAIC**. 3M do Brasil. Disponível em: https://www.3m.com.br. Acesso em: dez. 2018.

LARSON, Ron; FARBER, Betsy. **Estatística Aplicada**. São Paulo: Editora Pearson Education do Brasil, 2015.

MAGALHÃES, Ana Elisa Peres; OLIVEIRA, Thiago Coutinho de. **Redução e estabilização do volume hídrico em uma indústria metalúrgica**. Juiz de Fora: UFJF, 2011. Monografia submetida ao departamento de estatística da Universidade Federal de Juiz de Fora como parte dos requisitos necessários para a pós-graduação em métodos estatísticos computacionais. Disponível em: https://www.ufjf.br/estatistica/files/2014/10/ME_2011_Ana-e-Thiago.pdf. Acesso em: jan. 2021.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MARTINELLI, Fernando Baracho. **Gestão da Qualidade e Competitividade**. Curitiba: Editora Fael, 2016.

PALADINI, Edson Pacheco; CARVALHO, Marly Monteiro. **Gestão da Qualidade**: teoria e casos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

PANDE, Peter; NEUMAN, Robert; CAVANAGH, Ronald. **Estratégia Seis Sigma**: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

QSQ. **Visão geral das características básicas**. Disponível em: www.qsq.org.br/visao_geral.shtml. Acesso em: dez. 2018.

SELLTIZ, Claire; COOK; WRIGHTSMAN, Lawrence Samuel. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**: delineamentos de pesquisa. São Paulo: EPU, 1975, vol. 1.

WELCH, Jack. **Jack Welch**: segredos do executivo do século. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

CAPÍTULO 5

PROJETO DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL USANDO ASSISTENTE DE VOZ INTELIGENTE

HOME AUTOMATION PROJECT USING SMART VOICE ASSISTANT

André Luís da Silva Sampaio[1]
Odenilton da Costa Silva[2]
Márlison Santos de Sá[3]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.5

1 Centro Universitário da Amazônia, Santarém, https://orcid.org/0000-0002-6680-8729. andre9671@live.com
2 Centro Universitário da Amazônia, Santarém, https://orcid.org/0000-0001-9516-8831. odeniltonbrosstm@hotmail.com
3 Centro Universitário da Amazônia, Santarém, https://orcid.org/0000-0001-7470-2636. 270102987@prof.unama.br

RESUMO

Os recentes avanços tecnológicos, em especial, no contexto da domótica, têm proporcionado novos recursos de integração e ações automáticas que elevam a segurança, comunicação e comodidade em cenários habitacionais. Dentre essas tecnologias, a Internet das Coisas (*Internet of Thing, IoT*) caracterizada pelo sensoriamento e comunicação massiva entre dispositivos através da rede (por exemplo, *Internet*), tem se notabilizado por facilitar a expansão, controle e gerenciamento de sistemas de segurança, iluminação, temperatura, elétrico, etc. que otimizam a praticidade e qualidade de vida. Atrelado a esse contexto, no presente trabalho desenvolve-se um projeto elétrico voltado para automação residencial baseado na implantação de um sistema de voz inteligente que interage e controla dispositivos para a realização de tarefas específicas através de um controlador universal. Especificamente, apresentamos as características do levantamento de cargas, circuitos de iluminação, balanço de fases dos circuitos, diagrama unifilar e planta baixa para a implantação de um sistema domótico particular; além disso, elencou-se um roteiro didático do processo de automação.

Palavras-chave: Projeto elétrico. Automação residencial. Assistente de voz inteligente.

ABSTRACT

Recent technological advances, especially in the context of home automation, have provided new integration features and automatic actions that increase security, communication and convenience in housing scenarios. Among these technologies, the Internet of Things (IoT), characterized by the sensing and massive communication between devices over the network (for example, Internet), has been noted for facilitating the expansion, control and management of security, lighting, temperature, electrical systems, etc. that optimize practicality and quality of life. Linked to this context, in the present work we developed an electrical project aimed at home automation based on the implementation of an intelligent voice system that interacts and controls devices to perform specific tasks through a universal controller. Specifically, we present the characteristics of the lifting of loads, lighting circuits, phase balance of the circuits, single-line diagram and floor plan for the implementation of a particular home automation system; in addition, a didactic script of the automation process was listed.

Keywords: Electrical Project. Home automation. Intelligent voice assistant.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as tecnologias relacionadas à domótica, têm recebido bastante atenção devido às possibilidades que elas viabilizam na programação, controle e

realização de ações cotidianas em ambientes residenciais/prediais. Conforme define Muratori e Dal Bó (2011), a domótica é compreendida como a automação e controle aplicado a ambientes habitacionais mediante o uso de equipamentos que se dispõem para se comunicar interativamente entre si, promovendo bem-estar social, conforto e qualidade de vida.

No contexto atual, onde o estilo de vida está cada vez mais dependente de tecnologias como IoT, comunicação e sensoriamento massivo e sistemas assistentes baseados em inteligência artificial, a integração entre a infraestrutura física residencial/predial e esses recursos tende a se tornar uma demanda recorrente. Para tanto, o planejamento de novas edificações e a reestruturação daquelas já existentes será essencial para viabilizar a implantação dessas tecnologias para proporcionar os benefícios anteriormente listados, além da promoção de inclusão social, principalmente aos idosos e pessoas com alguma incapacidade (DOMINGUES, 2013).

Isto posto, no presente trabalho desenvolveu-se um projeto de automação residencial controlado por um sistema de voz inteligente, apresentando o diagrama unifilar do sistema elétrico, a planta baixa e as formas orientadas de integração das cargas com o sistema de voz, mencionando e descrevendo alguns dos principais dispositivos que podem ser integrados ao ecossistema domótico. Por fim, propõe-se um roteiro de implantação de automação residencial, considerando um assistente de voz genérico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A automação residencial não é um tema novo; de fato, as primeiras incursões nesse segmento datam da década de 70, quando nos EUA surgiram os primeiros "módulos inteligentes" cujos comandos eram enviados pela rede elétrica da residência via conceito de PLC (*Power Line Carrier*); na prática, esses módulos eram soluções simples e praticamente não integrados (MURATORI; DAL BÓ, 2011).

Nas últimas décadas, com as inovações em diversas áreas como telecomunicações, sistemas embarcados e eletrônica, inúmeras tarefas que outrora só podiam ser realizadas de forma presencial, hoje podem ser realizadas usando plataformas facilmente acessíveis via aplicativos de dispositivos móveis. Vale mencionar que, mesmo diante destes avanços, até recentemente o uso dos sistemas domóticos era limitado a uma pequena parcela da população devido à falta de conhecimento e ao custo do projeto/implantação.

Com a otimização dos assistentes de voz inteligentes esse cenário vem se modificando, visto que estes assistentes permitem uma interação fácil com o usuário e por

possuírem elevada adaptabilidade (demandando quase nenhuma modificação nas infraestruturas prediais pré-existentes).

Outra tecnologia que potencializou essa expansão dos sistemas domóticos refere-se à evolução da IoT que consiste em um conjunto de objetos, sensores e dispositivos eletrônicos que são capazes de interagir entre si através de uma rede de comunicação com um objetivo de colaboração (SOUZA, 2016). No universo da domótica, os recursos de IoT permitem controlar/gerenciar a iluminação de cômodos, fechamento de portas e cortinas, sistema de segurança (câmeras, alarmes, etc.), sistema de climatização (central de ar, aquecedores, etc.), entre outros.

De fato, para o pleno funcionamento desses novos recursos é necessário que os dispositivos/equipamentos estejam conectados para que os módulos RF (rádio frequência) possam se comunicar entre si de modo que todas as informações são monitoradas e organizadas em uma estação central controlável remotamente.

2.1 Benefícios e sistemas de automação residencial

A automação residencial integra-se ao cotidiano das pessoas proporcionando diversos benefícios, a saber: controle, praticidade, economia, flexibilidade, conforto, segurança, aumento de produtividade em ambiente de trabalho, além da valorização de imóvel.

Do ponto de vista do projeto, para a automação ser efetiva é imprescindível a utilização e integração dos pontos de comunicação (*internet*), aparelho móvel (celular, tablet, etc.) e dispositivos de ação/sensoriamento. Portanto, o projeto deve englobar todos os sistemas tecnológicos da residência, desde o aporte para o simples controle de uma luminária isolada até cenários mais complexos, por exemplo:

- Sistemas elétricos e de iluminação: tomadas inteligentes, ligação e desligamento de circuitos específicos;
- Sistemas de segurança: alarmes de intrusão, alarmes técnicos (vazamento de gás, inundação, fumaça, etc.), acesso via biometria, controle e monitoramento de acesso à instalação predial;
- Sistemas de climatização: centrais de ar, umidificadores, desumidificadores, ventiladores, aquecedores, bombas de calor, etc.
- Sistemas multimídia e comunicação: som e vídeo ambiente, interfones, etc.

2.2 Assistentes virtuais inteligentes no mercado

Conforme relatado anteriormente, a recente popularização da automação residencial deve-se, em grande parte, à introdução dos assistentes virtuais inteligentes por grandes empresas de tecnologia como a Google, Apple, Microsoft e Amazon. A

Google, por exemplo, disponibiliza o *Google Nest Mini* que aliado ao *Google Assistant*, executa tarefas simples e complexas em equipamentos isolados e dedicados para automação residencial (GOOGLE, 2021a). Por sua vez, a Apple tem como assistente principal a *Siri* que embora compreenda bem a língua portuguesa, ainda não realiza tarefas complexas e está limitada aos equipamentos da marca. No caso da Microsoft, a assistente *Cortana* ainda tem sua principal associação aos notebooks cujo sistema operacional é o Windows 10 e ainda não tem aplicações robustas para o mercado de domótica.

Hoje, a assistente de voz *Alexa* desenvolvida pela Amazon, é uma das líderes do mercado e isso se justifica pela amplitude de aplicações e serviços que ela proporciona, a saber (GIL, 2019): chamadas telefônicas, compras online, configuração de rotinas (informações sobre previsão tempo, levantamento das principais notícias, condições do trânsito, etc.) e ativação e desligamento de dispositivos inteligentes (lâmpadas, sensores, tomadas inteligentes, etc.).

2.2.1 Acessórios da Alexa para automação residencial

Dos mais diversos equipamentos/aplicativos no mercado para a implantação de um sistema de automação residencial usando a *Alexa*, destacamos os seguintes:

- Alto-falante inteligente *Izy Speak* (Figura 1): alocado no interior da residência e conectado à rede, estabelece a comunicação com outros dispositivos e aplicativos, permitindo a reprodução de músicas e controle de dispositivos inteligentes via comandos de voz;

Figura 1: Alto-falante inteligente Izy Speak.

Fonte: INTELBRAS (2021a)

- Controlador *Smart Wi-fi* para ambiente (Figura 2): conectado diretamente em tensão bivolt automática (90-250 V, 50/60 Hz) tem como função ligar e desligar circuitos. Para seu funcionamento correto, conecta-o ao aplicativo *Izy Smart* da Intelbras, realizando a sincronização posterior com a ativação da *Alexa*;

Figura 2: Controlador Smart Wi-Fi.

Fonte: INTELBRAS (2021b)

- Aplicativo *LG ThinQ* (Figura 3): comanda todo o ecossistema da residência, permitindo que a assistente virtual tenha autonomia para controlar os equipamentos conectados ao aplicativo via função *Skills* da *LGThinQ*. A Figura 4 ilustra a função *Skills* ativada e configurada no assistente *Alexa*, onde a mesma passa a ter controle dos eletrodomésticos conectados; neste caso, por exemplo, para ligar o ar condicionador basta dizer à *Alexa*, "Alexa, ligue o ar-condicionado";

Figura 3: Tela inicial do aplicativo LG ThinQ.

Fonte: Autores (2021)

Figura 4: Função Skills da LG ThinQ.

Fonte: Autores (2021)

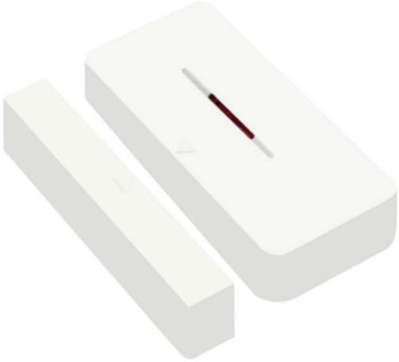
- *Sonoff T2 US Smart Wall Touch Switch* (Figura 5): interruptor de parede de luxo sem fio com canal padrão Wi-Fi e RF cujo controle pode ser adicionado aos sistemas operacionais iOS e Android usando o aplicativo *eWelink*, permitindo assim que os usuários liguem e desliguem remotamente luzes e aparelhos conectados separadamente.

Figura 5: Sonoff T2 US Smart Wall Touch Switch.

Fonte: SONOFF (2021a)

- Sensor Dw1 sem fio para alarme de porta e janela (Figura 6): com transmissão sem fio de 200 metros, o sensor detecta o status de abertura e envia imediatamente uma mensagem de notificação de alarme para um aplicativo de controle/supervisão;

Figura 6: Sensor Dw1 sem fio para alarme de porta e janela.



Fonte: SONOFF (2021b)

- *Sonoff RF Bridge 433 MHz Central Controladora* (Figura 7): hub de integração que possibilita que dispositivos RF sejam controlados através do smartphone pela rede (WiFi ou móveis). Na prática, essa central tem capacidade de copiar e armazenar o código RF emitido por botões de controles remotos, alarmes sem fio RF e sensores de presenças sem fio RF, entre outros.

Figura 7: Sonoff RF Bridge 433 MHz Central Controladora.

Fonte: SONOFF (2021c)

- *Sonoff Wifi Módulo Relé Dc7v-12v-32v Função Pulso e Travado* (Figura 8): interruptor com funções de pulso e retenção que ao ser adicionadas via aplicativo *eWelink* permite o controle remoto de tarefas, em especial, controle de acesso à ambientes, abrindo e fechando portas e portões.

Figura 8: Sonoff Wifi Módulo Relé Dc7v-12v-32v.

Fonte: AMAZON (2021)

- *Sonoff Câmera Ip Wi-Fi 360º HD* (Figura 9): câmera de monitoramento com ângulos de até 360º, áudio bidirecional e visão noturna infravermelha para detecção e alerta instantâneo de movimento.

Figura 9: Sonoff Câmera Ip Wi-FI 360º HD.

Fonte: SONOFF (2021d)

3 METODOLOGIA

Nesta seção, apresenta-se os aspectos metodológicos relativos ao desenvolvimento do projeto elétrico voltado para automação residencial discutida neste trabalho, observando a norma NBR-5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

3.1 Definição do local de implementação do sistema de automação

O projeto de automação residencial foi realizado nas dependências de uma típica residência situada em um bairro periférico na cidade de Santarém, no sudoeste do estado do Pará, Brasil. A residência é constituída dos seguintes cômodos: sala, cozinha, banheiro, quarto, área externa e varanda.

3.2 Levantamento de cargas, circuitos de iluminação e balanço de fases dos circuitos

Para dar suporte ao desenvolvimento adequado de um diagrama unifilar e o projeto elétrico (planta baixa), as etapas de levantamento de cargas, circuitos de iluminação e balanços de fases, devem ser previamente elaborados.

Especificamente, o levantamento de cargas (potências) foi realizado mediante uma previsão criteriosa das cargas mínimas de iluminação e tomadas a serem instaladas na estrutura predial. Essa abordagem permite determinar a potência total prevista para a instalação elétrica. Por sua vez, o detalhamento dos circuitos de iluminação é vital para guiar futuras manutenções e readaptações, enquanto que os balanços de fases são realizados para evitar sobrecargas em fases.

3.3 Diagrama unifilar

O diagrama/esquema unifilar foi implementado na plataforma computacional AutoCAD versão 2021 que possui módulos específicos para o desenvolvimento de projetos elétricos (AUTODESK, 2021). O esquema/diagrama unifilar constitui um desenho técnico que representa simplificadamente o sistema elétrico de uma edificação, identificando as características elétricas (tensão, corrente nominal, potência, etc.) de cabos, dispositivos de manobra, proteção de circuitos, dentre outros (CREDER, 2016). Na prática, serve para cálculos de curto-circuito, estudos de coordenação, fluxos de carga e avaliação de segurança e manutenção/readaptação das instalações elétricas.

3.4 Projeto elétrico

Para implementação do projeto elétrico foi utilizada a plataforma computacional AutoCAD versão 2021.

O projeto elétrico refere-se ao modo gráfico e escrito de todos os detalhes de uma instalação elétrica como pontos de localização e utilização de energia, trajeto e secção dos condutores, divisão e cargas dos circuitos, dispositivos de manobra, carga total, etc.

Além do supracitado, o desenvolvimento adequado de um projeto elétrico retorna importantes vantagens, a saber:

- Dimensionamento correto e personalizado segundo às necessidades exigidas pelo imóvel;
- Lista detalhada de materiais para orçamento, o que na prática, evita sobras e desperdícios, resultando em redução de custos;
- Facilidade de manutenção ou readaptação futura da instalação.

Em geral, a elaboração de um projeto elétrico é alcançada seguindo várias etapas que devem contemplar o cálculo de área e perímetro de cada cômodo (possibilitando determinar a potência da iluminação e tomadas de uso geral dentro da residência), divisão dos circuitos de instalação (facilita a operação e manutenção), o dimensionamento de carga e potência a ser instalado em um circuito (sendo segmentado em iluminação, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico) e cálculo da potência total (CREDER, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a execução dos procedimentos metodológicos obtiveram-se os seguintes resultados: quantificação das cargas, entendimento da disposição dos circuitos de iluminação, balanço de fases, diagrama/esquema unifilar, projeto elétrico (planta baixa). Além disso, possibilitou a descrição dos passos para integração dos dispositivos do ecossistema residencial com a assistente *Alexa*, bem como a proposição de um roteiro a ser seguido para o desenvolvimento de um projeto genérico de domótica a partir de um assistente de voz.

Para o desenvolvimento dos esquemas elétricos (diagrama unifilar e planta baixa), utilizaram-se os dados apresentados nos Quadros 1, 2 e 3 referente ao levantamento de cargas, a enumeração e a disposição dos circuitos de iluminação e o balanço de fases, respectivamente.

Em específico, o levantamento de cargas (potências) foi realizado mediante uma previsão criteriosa das cargas mínimas de iluminação (Quadro 1) e tomadas (Quadro 2) a serem instaladas na residência. De posse dessas informações, determinou-se a potência total prevista para a instalação elétrica.

Quadro 1 - Cargas dos circuitos de tomadas.

Circuito		Tensão	Cômodo	Pot	Corr	Nº	FCA	FCT	CC	SC	Proteção	
Nº	Tipo	(V)		(W)	(A)	CA			(A)	(mm²)	Tipo	in
3	TUG	127	Varanda	600	4,72	1	0,94	1	5,02	2,5	1	C16
4	TUG	127	Cozinha (Geladeira)	500	3,94	1	0,94	1	4,19	2,5	1	C16
5	TUE	127	Cozinha	1200	9,45	1	0,94	1	10,0	4	1	C16
6	TUG	127	Sala – Área Externa	400	3,15	2	0,94	0,8	4,19	2,5	1	C16
7	TUG	127	Quarto	400	3,15	3	0,94	0,7	4,79	2,5	1	C16
8	TUE	220	Quarto (Central)	1300	5,91	3	0,94	0,7	8,99	4	2	C16 DR
9	TUE	127	Motor Elétrico	254	2,00	1	0,89	1	2,25	2,5	1	C16
10	TUE	127	Cozinha	1200	9,45	3	0,94	0,7	14,3	2,5	1	C16

Fonte: Autores (2021)

Quadro 2 - Circuitos de iluminação.

Nº do Circuito	Tensão (V)	Cômodos	Potência (VA)	Corrente (A)
1	127	Banheiro Cozinha Varanda	840	6,61
2	127	Sala – Área Externa Quarto	880	6,93
		Total (VA)	1720	13,54

Fonte: Autores (2021)

No Quadro 1, as siglas Pot, Corr, CA, FCA, FCT, CC e SC referem-se, nesta ordem, à potência, corrente, circuito agrupado, fator de correção de agrupamento, fator de correção de temperatura, corrente corrigida e seção nominal do condutor.

Quadro 3 - Balanço de fases dos circuitos.

		Circuito										Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Fase	R		800	600	500			400	650	254	1200	4404
	S	840				1200	400		650		1200	4290

Fonte: Autores (2021)

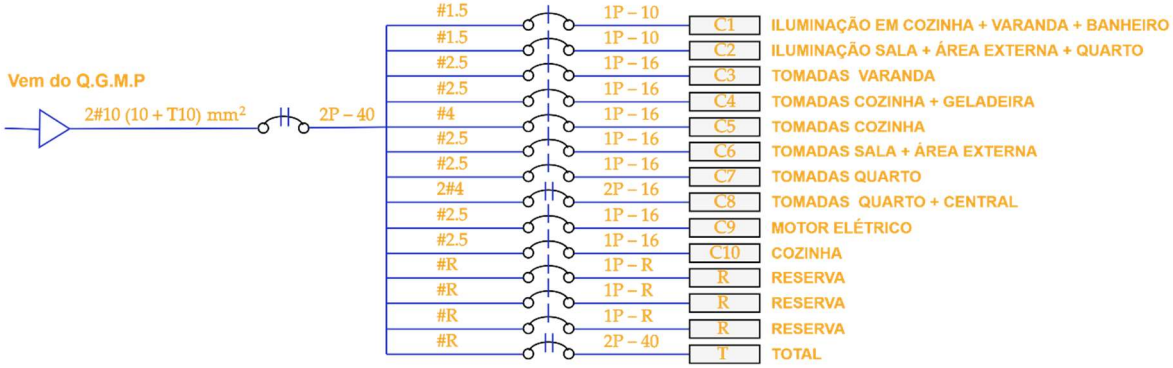
Menciona-se que o balanceamento de fases dos circuitos exposto no Quadro 3 foi feito para avaliar se as cargas dos circuitos estão equalizadas ou com alguma diferença entre si. Na prática, a ausência desse balanceamento pode ocasionar o desligamento contínuo do disjuntor principal em razão da sobrecarga em uma das fases.

4.1 Esquemas elétricos: diagrama unifilar e planta baixa

Com base nas informações obtidas nos quadros 1,2 e 3, desenvolveu-se os esquemas elétricos ilustrados nas Figuras 10 e 11. Em foco, na Figura 10 ilustra o diagrama unifilar confeccionado para a implantação do projeto de automação no qual constam informações para cada cômodo da residência, assim como circuitos de reservas (considerados para efetuar uma previsão do aumento de carga devido às instalações futuras).

Menciona-se que a sigla QGMP refere-se ao quadro de medição e proteção geral.

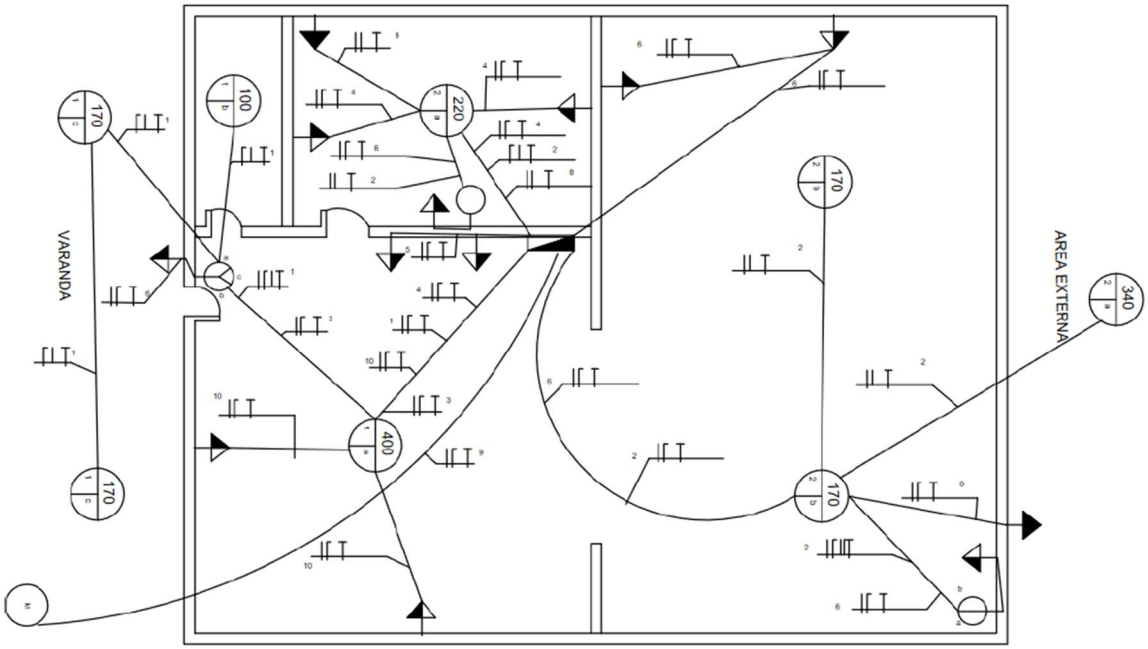
Figura 10: Diagrama unifilar.



Fonte: Autores (2021)

A planta baixa do projeto elétrico está disposta na Figura 11.

Figura 11: Projeto elétrico.



Fonte: Autores (2021)

4.2 Sincronização do alto-falante inteligente com a conexão de rede

Com as instalações e coordenação controlada de carga definidas, a próxima etapa do projeto consistiu na integração da assistente *Alexa* com o ecossistema residencial para permitir o acesso e controle dos dispositivos. Para tanto, inicialmente criou-se uma conta na plataforma da *Amazon* (que pode ser feito acessando o site da *Amazon* ou via aplicativo pré-instalado em um smartphone/tablet). Em sequência, instalou-se os aplicativos *Yzy Speak*, *Yzy Smart* e *Amazon Alexa*.

Com a conta *Amazon* criada e os aplicativos instalados, ativou-se o alto-falante inteligente *Speak*, onde a plataforma da *Alexa* já vem instalada. Uma vez ativado, o WPS (*Wi-Fi Protected Setup*) do alto-falante sincronizou-se com o WPS do Wi-Fi local

gerenciado pelo roteador. Adverte-se que, em geral, o roteador de rede deve estar em uma distância de no máximo 80 metros sem obstáculos (para distâncias superiores, uma alternativa é o uso de repetidores de sinal).

Com a sincronização estabelecida, efetuou-se *login* na conta *Amazon* para o devido uso da *Alexa*; para o conhecimento do perfil do usuário, o servidor da *Amazon* solicitou algumas informações pessoais. Em seguida, pôde-se realizar a sincronização dos eletrodomésticos da residência. Das mais diversas formas de controlar a ligação e desligamento, optou-se pelo uso do controlador *Smart Wifi* que controla a alimentação elétrica nas tomadas (enfatiza-se que para equipamentos como televisão e central de ar, esse dispositivo não é recomendado, pois estes não são projetados para serem desconectados constantemente da tomada).

Além das sincronizações acima mencionadas, a integração da *Alexa* com ecossistemas domésticos pode ser necessária. No caso, dos equipamentos da LG (usados no projeto), deve-se instalar o *LG ThinQ* que viabiliza o acesso da *Alexa* ao ecossistema em questão.

Para mais conforto e praticidade, também é válido integrar a plataforma da *Amazon* com aplicativos de serviço de tele entrega como *Ifood*, além de serviços de transporte de passageiros/itens como o *Uber*.

4.3 Etapas para um projeto de automação residencial

Embora, o projeto de automação residencial proposto neste artigo (onde estão inclusos, os esquemas elétricos, os dispositivos e os aplicativos empregados) tenha características específicas, listamos a seguir as principais etapas de um projeto genérico de domótica controlado por assistente de voz:

- Avaliar e definir quais subsistemas (iluminação, pontos de força, vigilância, etc.) se deseja integrar ao cenário da residência inteligente;
- Selecionar quais cômodos da residência serão atendidos pelo projeto. Sala de estar, cozinha, banheiros e quartos são ambientes quase constantes em projetos residenciais. Entretanto, projetos que buscam incorporar ações como irrigação automática de hortas e aquecimento/limpeza de piscinas, precisam contemplar esses novos espaços durante o projeto de automação;
- Pesquisar sobre os acessórios necessários (alarmes, lâmpadas e tomadas inteligentes, câmeras, sensores, etc.) para a implantação da arquitetura do projeto previsto. Menciona-se que para edificações com sistemas de automação pré-existentes, o reaproveitamento da estrutura deve ser priorizado;
- Elaborar o projeto elétrico para a implantação do sistema de automação incluindo o diagrama unifilar, levantamento de cargas dos circuitos e balanços de fases, conforme elaborado no presente trabalho;
- Elaborar o orçamento conforme os itens selecionando priorizando um

equilíbrio entre qualidade e custo;

- Instalação de todos os equipamentos previstos no projeto, bem como a devida sincronização dos dispositivos de controle/supervisão com alto--falantes e equipamentos do ecossistema residencial.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No referido artigo foram apresentadas as etapas para a elaboração de um projeto de automação residencial que pode ser controlado usando um assistente virtual de voz. Embora o enfoque do trabalho esteja direcionado aos aspectos do projeto elétrico e as etapas de integração do ecossistema domótico com a plataforma controlada por voz, foram apresentados também os benefícios da automação residencial e alguns dos equipamentos/tecnologias do mercado que facilitam o uso desses recursos.

Em última análise, a partir do roteiro apresentado, pode-se, com as alterações particulares de cada projeto, implantar e evoluir os possíveis cenários de automação residencial.

REFERÊNCIAS

AMAZON. Sonoff WiFi Wireless Smart Switch Relay Module DC 5v for Smart Home. Disponível em: < https://www.amazon.com/Sonoff-Wireless-Android-Control-Self--Lock/dp/B07KMBNT1C>. Acesso em: 27 jan. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de janeiro, 2004.

AUTODESK. AutoCAD: visão geral. Disponível em: < https://www.autodesk. com. br/products/autocad/overview?term=1-YEAR&support=null>. Acesso em: 28 jan. 2021.

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 16. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

DOMINGUES, R. G. **A domótica como tendência na habitação: aplicação em habitações de interesse social com suporte aos idosos e incapacitados**. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2013.

GIL, M. A. Amazon lança assistente virtual Alexa em português. Época Negócios, São Paulo, 3 de out. de 2019. Disponível em: < .com/Tecnologia/noticia/2019/10/amazon-lanca-assistente-virtual-alexa-em-portugues.html>. Acesso em: 21 jan. 2021.

GOOGLE. Dispositivos Google Nest. Disponível em: <https://support.google. com/googlenest/> Acesso em: 20 jan. 2021 a.

INTELBRAS. Smart Speaker. Disponível em: < https://www.intelbras.com/pt-br/smart-speaker-izy-speak>. Acesso em: 22 jan. 2021 a.

INTELBRAS. Controlador smart Wi-Fi para ambientes. Disponível em: < https://www.intelbras.com/pt-br/controlador-smart-wi-fi-para-ambientes-ews-201-e>. Acesso em: 22 jan. 2021 b.

MURATORI, J. R.; DAL BÓ, P. H. Automação residencial: histórico, definições e conceitos. **O Setor Elétrico**, v. 62, n. 2, p. 70-77, 2011.

SONOFF. TX Series Wi-Fi Smart Wall Touch Switches. Disponível em: < https://sonoff.tech/product/wifi-smart-wall-swithes/tx-series >. Acesso em: 22 jan. 2021 a.

SONOFF. DW1 Wireless Magnetic Door. Disponível em: < https://sonoff.tech/ product/accessories/dw1>. Acesso em: 25 jan. 2021 b.

SONOFF. 433 RF Ponte. Disponível em: <https://www.sonoffbrasil.com.br/pt-BR/post/sonoff-433-rf-bridge>. Acesso em: 25 jan. 2021 c.

SONOFF. Sonoff GK-200MP2-B Wi-Fi Wireless IP Security Camera. Disponível em:< https://sonoff.tech/product/wifi-smart-home-security/gk-200mp2-b>. Acesso em: 26 jan. 2021 d.

SOUZA, M. V. **Domótica de baixo custo usando princípios de IoT**. 48 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Software) – Instituto Metrópole Digital, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2016.

CAPÍTULO 6

USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA O MAPEAMENTO HIPSOMÉTRICO DO MUNICÍPIO DE SANTARÉM (OESTE DO ESTADO DO PARÁ) APLICADO AO ESTUDO DE PROCESSOS EROSIVOS

USE OF GEOTECHNOLOGIES FOR HIPSOMETRIC MAPPING IN THE MUNICIPALITY OF SANTARÉM (WEST OF PARÁ STATE) APPLIED TO THE STUDY OF EROSIVE PROCESSES

Camila Nascimento Alves[1]
Beatriz Dutra Sarges
Edina Silva Almeida
Igor Bismarck Oliveira de Alencar
Larissa Nascimento de Souza
Pedro Henrique Valente Alves

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.6

1 Universidade do Estado do Pará. https://orcid.org/0000-0001-5093-7078. camila.alves@uepa.br

RESUMO

Os processos erosivos são fenômenos naturais que causam grandes impactos em regiões que possuem uma altitude elevada. Dessa forma, o presente artigo pretende tratar o estudo de caso no município de Santarém – Pará, com o objetivo de retratar quais localidades apresentam deslizamentos de relevo decorrentes de elevações territoriais e assim utilizar as técnicas de geoprocessamento para a criação de mapas hipsométricos. Em decorrência dos métodos utilizados para a criação do mapa, utilizaram-se imagens shapes do Instituto brasileiro de geografia e estatística (IBGE) acoplados ao software livre QGIS, e também informações de artigos feitos na região. Por fim, nota-se que os bairros com maior índice pluviométrico são aqueles que foram explorados para a criação de rodovias e áreas urbanizadas, como exemplo tem-se a serra do índio no bairro Santarenzinho

Palavras-chave: Cartografia. Hipsometria. Santarém. Declividade.

ABSTRACT

Erosive processes are natural phenomena that have a major impact on religion and have a high attitude. Thus, the present article intends to deal with the case study in the municipality of Santarém-pará, with the objective of portraying which places present significant displacement due to elevations territorial and thus use geoprocessing techniques to create hypsometric maps. Due to the methods used to create the map, it uses brazilian Institute of geography and statistics (IBGE) shape imagescoupled with the free software QGIS, and also information from articles made in the region. Finally, note that the neighborhoods with the highest rainfall are those that were explored for the creation of highways and urbanized areas, such as the range of Índio in the Santarenzinho neighborhood.

Keywords: Erosive processes. hypsometric maps. Santarém. environmental impact.

1 INTRODUÇÃO

O estado do Pará fica localizado no leste da região norte do Brasil, definido como o segundo maior território em superfície do País com cerca de 1.253.164,5 km². Dando destaque ao relevo, o estado apresenta três distintos tipos que são o planalto norte-amazônico, a planície amazônica e o planalto sul amazônico. Dessa forma, em primeiro momento, o relevo representa uma formação de terrenos cristalinos, onde se situam mais em regiões de serras e em guianas; em segundo estância temos uma sedimentação mais alongada e estreita, onde é encontrada bastante em locais que correm o Rio Amazonas; e em último momento são relevos mais elevados que se encontram em locais de direção sul, onde fica localizado a Serra dos Carajás. (Furtado, et al., 2013).

Nesse relatório, se dar ênfase a região oeste do estado do Pará, que possui no que lhe concerne 29 municípios, e tem área total de 981.626,4 km² e sua população é de 1.221.998 habitantes (IBGE, 2007), porém especificamente o estudo se dar sobre a região de Santarém e os processos erosivos, deslizamentos que estão interligados ao relevo local, que como visto é do tipo planície amazônica. Os processos erosivos dessa região, são bastantes intensificados ligados ao desmatamento, degradações que possivelmente geram detritos e atingem áreas de altitudes. Além dos elevados índices pluviométricos, que agravam esse fenômeno e causam inundações. (Tucci, 2003).

Essas informações históricas de espaço, tempo, clima contêm os mais diversos processos geológicos que inclui muitas oscilações que ocorre durante determinado momento. Um estudo que é feito em decorrência de identificação de superfícies através de caracterização de coordenadas, sensoriamento, geoprocessamento, cartas topográficas ou até mesmo através de fotografias áreas, necessariamente são decorrentes de mensurações de locais para a criação de mapeamento local, através da cartografia.

Esse mapeamento, é um dos primeiros passos para uma possível mitigação das áreas a serem trabalhadas, para analisar a complexidade de informações que estão envolvidas aos procedimentos, e para facilitar a análise em relação aos processos erosivos de locais, o meio a ser utilizado são técnicas para a interpretação. Diante do exposto, o presente artigo tem por finalidade fazer uma mensuração na região de Santarém e usar as técnicas de geoprocessamento para a criação de mapas hipsométricos, ou seja, plantas relacionadas a altitude local e através dessas informações adquiridas fazer uma análise sobre os processos erosivos que estão ligados diretamente aos deslizamentos de relevo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Definição de erosão

A fundamentação teórica desse trabalho foi desenvolvida a partir de sub temas relacionados a processos erosivos, deslizamentos, impactos na região de Santarém e transformação do relevo.

Segundo Corrêa (2006), a erosão quando definida, se dar como um total desprendimento e arraste de partículas do solo causadas por diversos fatores, como pela ação do vento ou em muitas vezes pela ação da água. E pode ser denominada de duas maneiras como erosão eólica e erosão hídrica. O fenômeno mais suscetível de acontecer é o processo de erosão hídrica que se dar devido à vegetação de uma região ser insuficiente para cobrir o solo.

Estes processos podem acontecer naturalmente, causando alterações em rochas próximas da superfície terrestre. Dessa maneira, Selby (1993) e Morgan (1996) 6 definem ainda que a erosão é um dos acontecimentos mais estudados, porém pouco compreendido. Devido os fatores que se entrelaçam, como atividades antrópicas, processos agrícolas intensificados, ruptura de solo; destacando que alguns processos estão ligados a episódios específicos.

Entretanto, alguns acontecimentos, como a transformação dos relevos geram deslizamento em encostas, que acarretam impactos sociais, ambientais e até mesmo econômicos. Pois, bloqueiam vias de transportes e atingem estabelecimentos. Assim como podem ocasionar eventos catastróficos como enchentes, tanto em zonas rurais como em áreas urbanas; atingindo bueiros, canais de drenagem e aumentando o escoamento superficial. (Fernandes, et al.,2001).

2.2 Erosão hídrica na região de Santarém

Na região de Santarém, segundo Silva et al. (2019) os processos erosivos são intensos na Serra do Índio que fica localizada no bairro Santarenzinho, próximo ao centro da cidade. De onde são feitas retiradas de vários insumos de materiais, classe II, para possíveis construções; onde essa exploração se dar sem devidos critérios técnicos gerando danos físicos na urbanização local. Pois, os insumos são retirados de um local e depositado em outro, como é o exemplo do Igarapé de Irurá que se encontra assoreado, portanto, se tornou um dos principais pontos de depósito de seixos, e essas ações acabam gerando maiores deslizamentos, principalmente em períodos chuvosos.

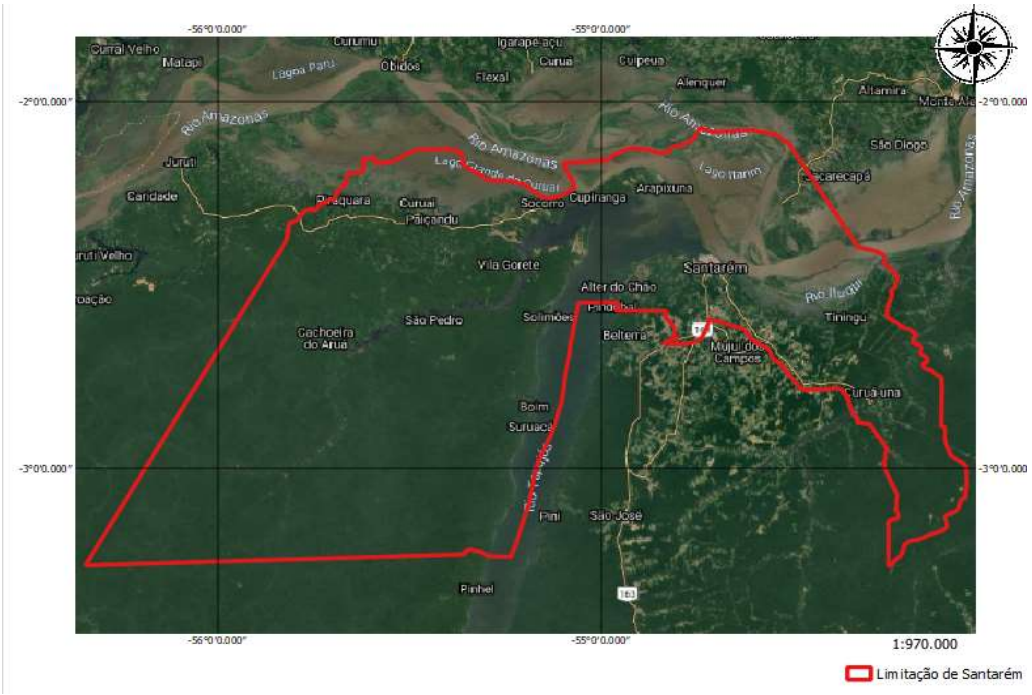
Como se pode observar, a urbanização é um dos maiores vilões de impactos sofridos em relevos. Pois, existem riscos geológicos que são gerados a partir de processos de evasão de um espaço rural para um espaço urbano. Aonde o aumento desse espaço urbanístico, gera grandes perdas em razão dos processos de desmatamentos, civilização, impermeabilização do solo em construções de pistas ou áreas paisagísticas; dessa forma, com esse crescimento desordenado, locais se tornam vulneráveis a fenômenos naturais. Que é o caso da avenida Bugaville, onde ocorrem diversos processos de escoamento do solo. (Santos, et al., 2018).

Segundo Carvalho e Cunha (2011) existe ainda um fenômeno climático chamado, terras caídas, que é dito assim pela população ribeirinha amazônica, em Santarém; esse processo atinge principalmente as comunidades de Fátima do Urucurituba e de Ananindeua que vivem as margens do Rio Amazonas, esse fenômeno é bastante visível em períodos de cheias, sendo responsável pelo desmoronamento ou escoamento da superfície, que arrasta quantidades imensas de solo.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

FIGURA 1 - Mapa de localização de Santarém - Pará



Fonte: Autores, 2021.

A área urbana de Santarém está inserida na mesorregião do Baixo Amazonas no estado do Pará – Brasil, sob as coordenadas geográficas 02° 25′ 30″S e 54° 42′ 50″W m. O município de Santarém é considerado um polo para a região do oeste do Pará em questões econômicas, educacionais, saúde e em infraestrutura (Oliveira et al., 2000; Oliveira, 2008; Andrade, et al., 2015).

A população da área de estudo é de cerca de 306.480 habitantes e ocupa uma área territorial de 17.898,389 km² (IBGE,2020). Atualmente a malha urbana está subdividida em 48 bairros, segundo o plano diretor do município. Santarém situa-se na confluência dos rios Amazonas e Tapajós, na Bacia do Amazonas.

O clima local pode-se caracterizar como equatorial úmido, com um elevado índice pluviométrico (INPE, 2014). E o solo de grande parte da região é classificado como latossolo amarelo e vermelho, o que torna as terras empobrecidas de nutrientes, levando a degradação e o aumento decorrente a erosões hídricas (EMBRAPA, 2002).

O estudo foi realizado nos locais com maiores altitudes, como Biom., um distrito de Santarém localizado na margem esquerda do Rio Tapajós, no lago Sapuacá e no igarapé do Irurá, curso d'água que corta o bairro de Santarenzinho.

3.2 Métodos de pesquisa

O presente projeto foi desenvolvido com finalidade de realizar a confecção de mapas hipsométricos na região de Santarém, para identificar locais com maiores altitudes, usando uma natureza básica de pesquisa. Que segundo Elizabeth Teixeira (2005) é uma ciência desprovida de objetivos para intervenção, limitando-se apenas na construção de um conhecimento teórico. Usando-se desta para fundamentar um melhor conhecimento das técnicas de cartografia e topografia na obtenção de resultados, para uma análise precisar do relevo em um determinado local, possibilitando o acesso a futuros trabalhos relacionados.

Em primeiro momento foram utilizados os procedimentos de pesquisa documentais e bibliográficos. Para um melhor entendimento, Gil (1999), diz serem categorias de análises bem semelhantes. A diferença essencial entre ambas está na natureza das fontes: enquanto a bibliográfica utiliza contribuições de diversos autores, a documental vale-se de materiais que não receberam, ainda, um tratamento analítico. Neste relatório, foram utilizados conhecimentos específicos de fenômenos que decorrem no local, como processos de deslizamentos, erosões, chuvas intensificadas. Além, de serem agregados como base, artigos anteriores feitos na região e que tem a mesma finalidade e objetivo do atual.

Toda pesquisa, tem seus objetivos, que se diferem dependendo do projeto. Nesse contexto, a proposta descritiva foi fundamental para a decisão do assunto abordado, segundo Gil (1999) as pesquisas descritivas têm como finalidade principal a descrição das características de determinada população ou fenômeno, ou o estabelecimento de relações entre variáveis. Nessa ocasião, será utilizado à caracterização de constantes que acorrentam maior prejuízo na população local, focando nos resultados obtidos para uma melhor interpretação, observação e compreensão dos dados significantes, na tentativa de mostrar como de fato podem ocorrer os impactos ao ambiente.

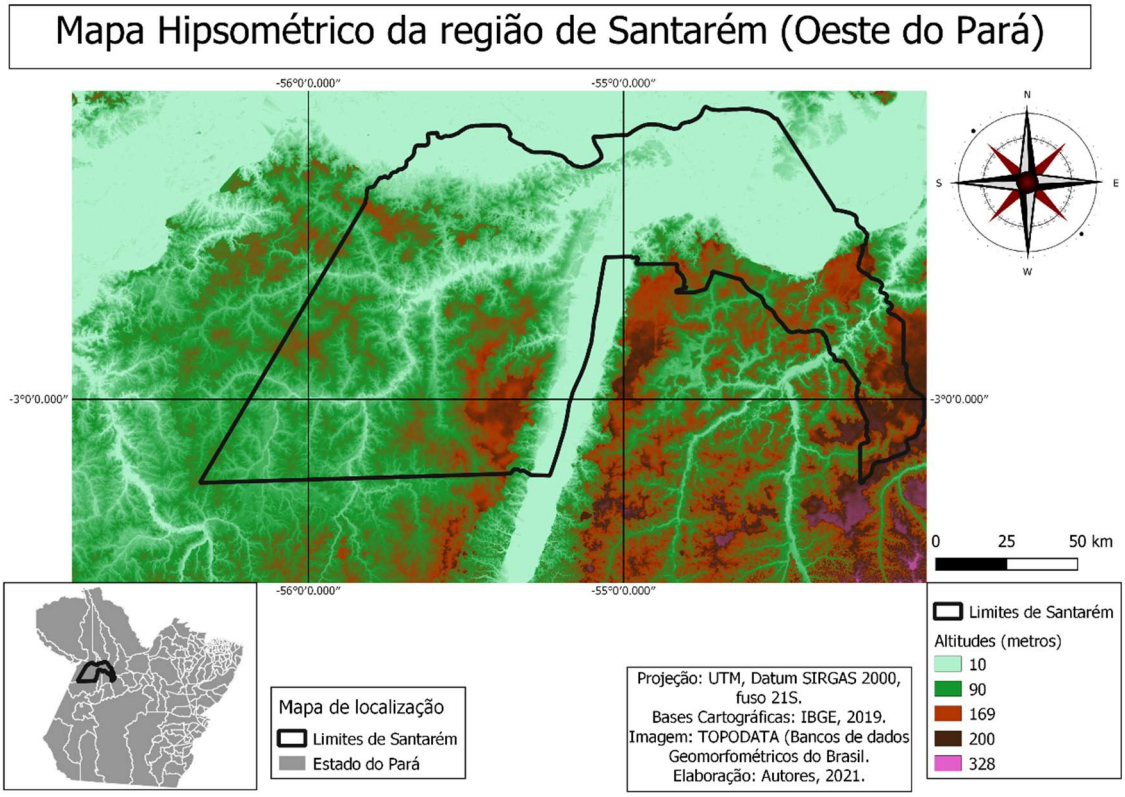
Neste contexto de descrever os relevos locais, foram manuseadas imagens rasters do site topodata que é um projeto de bancos de dados geomorfométricos da região do Brasil, que pode oferecer modelos digitais de elevações, que representam basicamente de forma topográfica altitudes da superfície e juntamente contém elementos geográficos, que possibilitam saber a localização do mesmo, além de modelos em 3D e curvas de níveis. Os arquivos do topodata estão em formatos de GeoTiff, que são definidos com metadados de domínio público, ou seja, são informações reconhecidas pelo governo e protegidas por lei, esses dados de imagens podem ser abertos em softwares específicos, usado neste caso o Qgis. (Topodata, 2008).

Sendo uma pesquisa de cunho quanti-qualitativa. Pois, a qualitativa é utilizada para interpretar fenômenos, e ocorrem por meio da interação constante entre a observação e a formulação conceitual, entre a pesquisa empírica e o desenvolvimento teórico, entre a percepção e a explicação (BULMER, 1977). Já a abordagem quantitativa permite a mensuração de opiniões, reações, hábitos e atitudes em um universo, através de uma amostra que o represente estatisticamente. Diante, disso, temos uma abordagem de fenômenos relacionados a interpretação dos acontecimentos anteriores já citados, e uma coleta de dados em relação aos mapas que foram confeccionados, de modo a verificar a quantidade de localidades com altitudes elevadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mapa a seguir mostra as altimetrias em forma da técnica de hipsometria, na região de Santarém. Com uma escala de 1:1.200,000 para a representação, onde se observa que as definições de altura estão em metros, em forma crescente, como mostra ao lado direito, na legenda. Onde a menor altitude começa em 10 metros que são locais de rios, e logo vai aumentando até 200 metros em regiões maiores

Figura 2 - Representação da altimetria em forma de mapa, região de Santarém



Fonte: Autores, 2021.

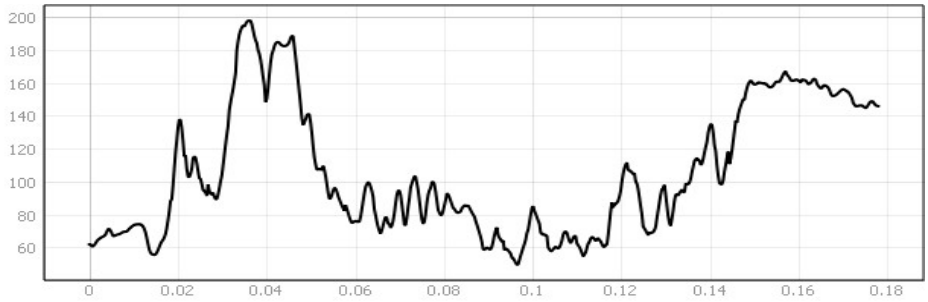
Ao iniciar a análise do mapa, pode-se observar que as menores unidades de relevo estão representadas na porção norte da região, onde se encontram áreas de várzea, ou seja, são localidades que estão submetidas temporariamente as inundações por es-

tarem bem próximas de afluentes e também ao rio amazonas. Essas áreas de várzeas, com baixas altitudes podem ser formadas além do norte da região que são exemplos de ilhas como a Ituqui, Maicá, tapará. (Embrapa, 2001) Mesmo sendo regiões com altitudes em torno de 10 a 90 metros, ainda assim, atingem comunidades ao entorno, gerando o processo de terras caídas, como em comunidades ditas anteriormente, esse fenômeno acarretou o desabamento de diversas casas, como descrito em um dos artigos de Lima, et al. (2017):

> De acordo com moradores das comunidades de Fátima de Urucurituba e Aninduba, o fenômeno mais intenso ocorreu em 2009, ano em que muitas casas, escolas e igrejas foram destruídas. Só em Fátima de Urucurituba, viviam 115 famílias, 43 delas decidiram se mudar por conta própria para um lugar seguro, após a ocorrência frequente do fenômeno na região. Segundo os moradores, a comunidade corre o risco de ser extinta em poucos anos. Em 2012, o Serviço Geológico do Brasil classificou a área da comunidade de Fátima de Urucurituba como sendo de alto risco e já tinha determinado que as famílias fossem retiradas do local. Segundo Magalhães et al. (2010), todos os anos são lançados cerca de 71.190,80 m3 de solo para dentro do rio Amazonas. Terras que antes pertenciam aos moradores e eram utilizadas por atividades de subsistência temporária, comércio, residência, pasto e agricultura desapareceram por dentro do rio ou foram transportadas para outros locais.

Em Segundo momento, temos um planalto de relevo que representa uma superfície intermediaria, está caracterizada ao centro de Santarém, ao sul da sede municipal e ao norte da serra do Piquiatuba, que são localidades próximas do centro da cidade. Com uma representatividade de clima árido, e que pode desencadear processos erosivos com regressão em escarpas devido à expansão de áreas planas, com cotas de altimetria que podem começar com altimetria entre 100 metros e se elevarem até os 200 metros. (Embrapa, 2001) A seguir o gráfico com o perfil de elevação dessa localidade.

Figura 3 - Gráfico do perfil de elevação do centro de Santarém.



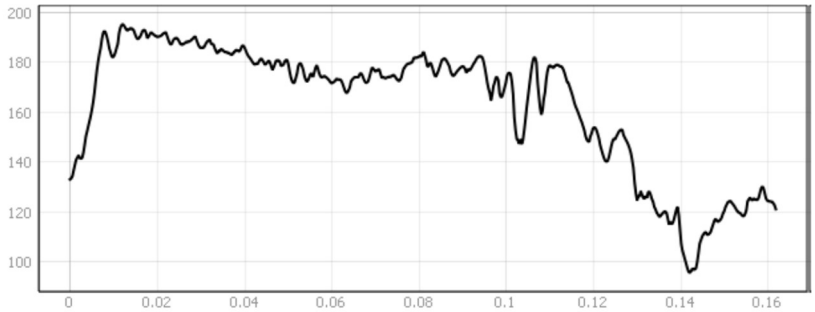
Fonte: Autores, 2021.

Como se pode notar existem partes bem baixas por se tratar de áreas urbanas, ou seja, existem bastantes áreas impermeabilizadas. Porém, ainda assim possuem zonas com bastante inclinação como, por exemplo, a serra do índio que fica localizado no bairro santarezinho. Ao observamos o gráfico, notamos que as altitudes variam de 60 metros a 200 metros, dependendo bastante da localidade, do clima, e dos processos que geram os impactos, como Machado, et al (2019) desenvolve em sua revista que:

> A ocupação desordenada em Santarém gerou grande procura por material de construção civil. O bairro do Santarenzinho foi afetado com essa busca, pois nele está localizada a Serra do Índio, principal fonte desses sedimentos e as feições erosivas observadas na área de estudo são reflexos da incidência direta da água das chuvas sob o solo, uma vez que a superfície da Serrado Índio não possui proteção da cobertura vegetal, pois foi totalmente retirada para fabricação de material classe II. Os sedimentos que não foram empregados nos projetos de estruturação do município estão depositando-se nas áreas de menor cota topográfica e no igarapé do Irurá, acarretando o assoreamento parcial do mesmo. Acredita-se que entre extração e erosão, a Serra do Índio tenha perdido um volume de aproximadamente 14.059 m3 entre os anos de 2002 a 2014.

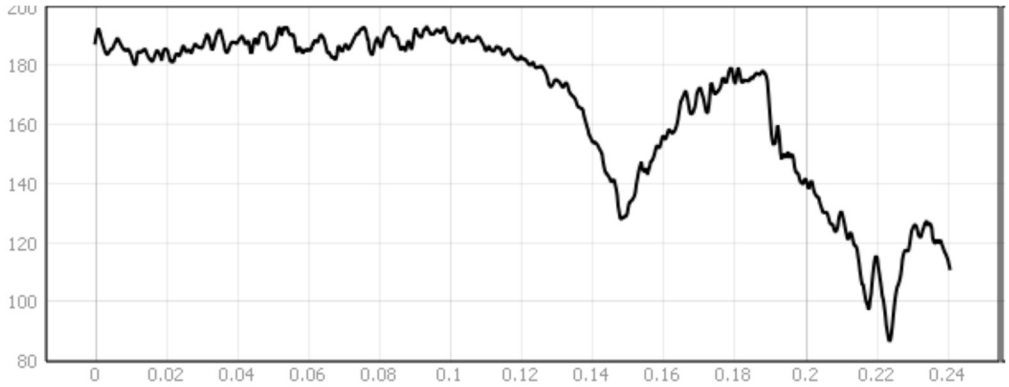
É notório que as altimetrias de determinado relevo, são interdependentes das atividades que são desenvolvidas em localidades próximas, ou seja, se houve certo processo que gera impacto próximo dessas extensões, pode haver influências. Em terceiro momento, temos as maiores altitudes da região de Santarém algumas que estão localizadas próximas ao Rio Tapajós no centro sul, por isso são chamadas de Planalto Tapajós-Xingu entre 100 e 200 metros de altitudes. É caracterizada principalmente por elevações de topo plano, com encostas escarpadas e ravinadas, onde pode-se desenvolver drenagens, pois se localizam próximos do rio. (EMBRAPA, 2001). Dessa maneira, foram feitos gráficos de elevações de três partes com bastantes elevações, onde temos duas situadas próximas às localidades de Boim e Sapuacá (Figura 4 e 5) e outra próximo de Curuá-unu (Figura 5 e 6).

Figura 4 - Gráfico do perfil de elevação região Boim e Sapuacá (Análise 1)



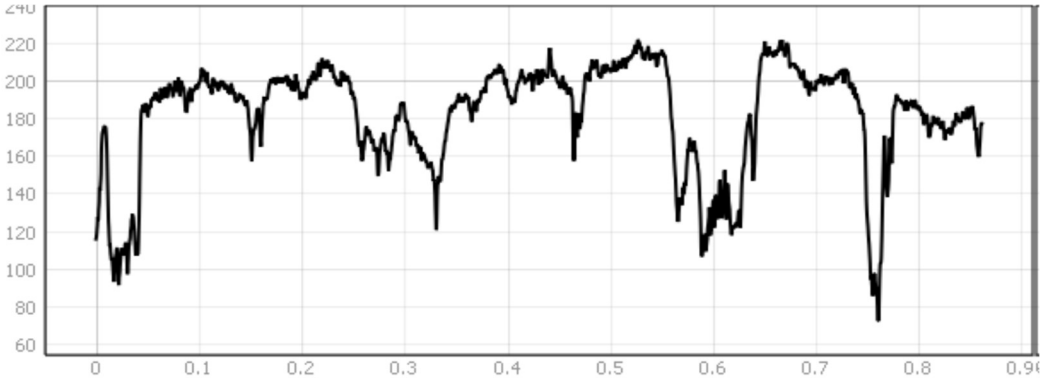
Fonte: Autores, 2021.

Figura 5 - Gráfico do perfil de elevação região Boim e Sapuacá (Análise 2)



Fonte: Autores, 2021.

Figura 6 - Gráfico do Perfil de elevação região Curuá-unu



Fonte: Autores, 2021.

Pode-se verificar que em localidades afastadas de zonas urbanísticas são encontradas as maiores declividades de relevo, pois existem poucas alterações na paisagem. Nota-se que quanto mais nos afastamos do Rio Tapajós, essa declividade aumenta sendo bastante notório nos dois primeiros gráficos. Onde a parte direita são as localidades próximas do rio e indo para a esquerda as localidades secas. Porém, ainda em períodos chuvosos, o solo pode sofrer deslizamentos e se tornar uma erosão fluvial. Já no terceiro gráfico nota-se que os relevos têm uma altimetria bastante alta, que como citado antes, esse acontecimento se dar por estar se afastando da área urbana, com pouca influência antrópica. Por fim, ao analisarmos todo esse aparato de informações nota-se que a partir das vertentes observadas, os resultados foram bem-parecidos em relação à altimetria, variando sempre de 23 metros até 210 metros de altura.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os estudos realizados no município de Santarém-PA, utilizando ciências como a topografia e a cartografia, aplicadas ao software Qgis entre outros, foi possível observar a altimetria da região, ou seja, representação do relevo do terreno, isto é, a variação de altitude de cada ponto na superfície em estudo, assim possibilitando a mensuração de áreas sucessíveis a impacto ambientais, sociais ou econômicos nas comunidades locais.

Dessa forma, os estudos apontaram que algumas localidades da região de Santarém sofriam com processos erosivos e risco de deslizamentos, por consequência da urbanização, acarretando alguns riscos ambientais. Portanto, sendo necessário a realização de gestão e planejamento urbano, para que assim, seja possível analisar os problemas ambientais com o intuito de gerar ações mitigadoras, para que sejam colocadas em desenvolvimento por órgãos municipais.

REFERÊNCIAS

FURTADO, Ana Maria Medeiros. *Et al*. **Mapeamento de Unidades de Relevo do Estado do Pará. Belém,2013**. Disponível em: <http://www.geoamazonia.net/index.php/revista/article/download/10/pdf_9> Acesso em: 28 fev. 2021.

VANACORÔR, Roberto Nunes. *Et al*. **Mapeamento da suscetibilidade a deslizamentos usando técnicas de estatística bivariada e sistema de informações geográficas na região Nordeste do Rio Grande do Sul.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v.13, n. 1. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <http://www.lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/338> Acesso em: 28 fev. 2021.

RIFFEL BRESSAN, Silvana. **Curva hipsométrica no mapeamento de paleosuperfícies: abordagem quantitativa. Monografia;** 2005. Mestre em Geologia Ambiental; pós graduação em geologia; Curitiba; Paraná, 2005. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/3525> Acesso em: 28 fev. 2021.

CORRÊA, Lourenço da Silveira Lima**. Processos erosivos avançados em São Francisco de Assis – RS: Estudo de Caso.** Monografia. Mestrado em Geociências e Geografia. Área de Análise Ambiental. Santa Marial, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/9314> Acesso em: 01 Mar. 2021.

SILVA, Eduardo Francisco da. Et al. **Danos ao meio físico na urbanização de Santarém: estudo de caso no bairro santarenzinho.** Belém, 2019. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/post-artigo/10442#:~:text=O%20crescimento%20desordenado%20na%20%C3%A1rea,II%20para%20emprego%20nessas%20constru%C3%A7%C3%B5es.> Acesso em: 01 Mar. 2021

LIMA, Luana dos Santos. *Et al*. **Evidências de terras caídas com grandes cheias na região oeste do Pará**. Santarém, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/320254238_Evidencias_do_fenomeno_de_terras_caidas_com_grandes_cheias_na_regiao_oeste_do_Para> Acesso em: 01 Mar. 2021.

SANTOS, Rosana Silva dos. Et al**. Risco geológico decorrente da erosão hídrica na zona urbana de Santarém – Pará Brasil. Caso de estudo: avenida Bugaville**. Revista Brazilian journal of animal and environmental research. V. 2, n. 1, p. 526-546. Curitiba, 2019. Disponivel em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJAER/article/view/1439> Acesso em: 01 Mar. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Dados estatísticos municipais de Santarém - PA.** Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pa/santarem.html Acesso em: 01 Mar. 2021.

WIKIPEDIA. **Santarém (Pará).** Disponível em: <https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Santar%C3%A9m_(Par%C3%A1)>. Acesso em: 01 Mar. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUARIA – EMBRAPA. **Caracterização dos solos da área do planalto de Belterra, município de Santarém, estado do Pará.** Belém, 2001. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/403589/caracterizacao-dos-solos-da-area-do-planalto-de-belterra--municipio-de-santarem-estado-do-para> Acesso em: 02 Mar. 2021

PREFEITURA DE SANTARÉM. **Programa de integração mineral em municípios da Amazônia**. Santarém, 1999. disponível em: <http://www2.santarem.pa.gov.br/conteudo/?item=116&fa=62&PHPSESSID=12333b22af05b5262403b1e91b53800a> Acesso em: 02 Mar. 2021.

GERHARDT. Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo**. Métodos de pesquisa. Rio Grande do Sul.** 2009 Disponível em: <http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf> Acesso em: 02 Mar. 2021.

CAPÍTULO 7

ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO "OFF-GRID" NA ESCOLA NOSSA SENHORA APARECIDA, EM PIXUNA DO TAPARÁ – SANTARÉM-PA, BRASIL

ANALYSIS OF VIABILITY IN THE IMPLEMENTATION OF AN "OFF-GRID" PHOTOVOLTAIC SYSTEM AT NOSSA SENHORA APARECIDA SCHOOL, IN PIXUNA DO TAPARÁ - SANTARÉM-PA, BRAZIL

João Fernando Ferreira da Silva[1]
Marlon Ramos Branco[2]
Márlison Santos de Sá[3]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.7

1 Centro Universitário da Amazônia. https://orcid.org/0000-0002-5586-4696. joãofernando255@gmail.com
2 Centro Universitário da Amazônia. https://orcid.org/0000-0002-3895-9052. marlonbranco01@gmail.com
3 Centro Universitário da Amazônia. https://orcid.org/0000-0001-7470-2636. 270102987@prof.unama.br

RESUMO

A energia é insumo fundamental na economia e para proporcionar melhoria na qualidade de vida social. Em busca de suprir a ausência desse insumo, comunidades ribeirinhas utilizam máquinas movidas a fontes não-renováveis, como é o caso do motor a diesel. Neste sentido a energia solar fotovoltaica se mostra como uma promissora fonte de energia para assumir a demanda de geração. Entretanto, por diversos aspectos práticos e até políticos, na Amazônia ainda existem diversas comunidades ribeirinhas desprovidas de energia elétrica. Assim, o presente trabalho tem por objetivo apresentar um estudo de viabilidade de implementação de um sistema fotovoltaico "off-grid" na Escola Nossa Senhora Aparecida, na comunidade ribeirinha Pixuna do Tapará, Santarém-PA, Brasil. O trabalho aponta vantagens, desvantagens e empecilhos para execução dessa experiência. Embasando-se na literatura, coleta e análise de dados de campo, os resultados apontados neste trabalho servem como diretrizes para futuros trabalhos que visem instalar sistemas de abastecimento elétrico fotovoltaico em comunidades ribeirinhas no interior da Amazônia.

Palavras-chave: Energia sustentável. Energia fotovoltaica. Comunidades isoladas.

ABSTRACT

The energy is a fundamental input in the economy and to provide an improvement in the quality of social life. In order to make up for the absence of this input, riverside communities use machines powered by non-renewable sources, such as the diesel engine. In this sense, photovoltaic solar energy shows itself as a promising source of energy to meet the generation demand. However, due to several practical and even political aspects, in the Amazon there are still several riverside communities without electricity. Consequently, the present study has as objective to introduce a feasibility study for the implementation of an "off-grid" photovoltaic system at the Nossa Senhora Aparecida School, in the Pixuna do Tapará riverside community, Santarém-PA, Brazil. The work points out advantages, disadvantages and obstacles to the execution of this experience. Based on the literature, collection and analysis of field data, the results pointed out in this work serve as guidelines for future works that aim to install photovoltaic electric supply systems in riverside communities in the interior of the Amazon.

Keywords: Sustainable energy. Photovoltaics. Isolated communities.

1 INTRODUÇÃO

A crise energética na década de 70 impulsionou estudos para o desenvolvimento de fontes sustentáveis, com ênfase para a energia fotovoltaica, tendo em vista que a energia é insumo fundamental na economia e no desenvolvimento da sociedade.

No Brasil, a região Norte tem grande extensão territorial e por consequência apresenta áreas isoladas dos grandes centros urbanos, tanto em territorialidade quanto ao acesso à energia. Nesse contexto, o motor a diesel é fonte característica de geração de energia nos lares ribeirinhos. Em virtude disso surgem as seguintes indagações: "Quais as potencialidades dos sistemas fotovoltaicos *off-grid*? quais fatores devem ser analisados que viabilizem a implementação de sistemas desta natureza em comunidades isoladas?".

Desta forma, a relevância social deste trabalho está em apresentar diretrizes para projetos que visem instalar sistemas de abastecimento elétrico fotovoltaico em comunidades ribeirinhas isoladas no interior da Amazônia. Para tal, apresenta um estudo de viabilidade da implantação de um sistema solar fotovoltaico, na Escola Nossa Senhora Aparecida, na comunidade Pixuna do Tapará, localizada na área ribeirinha do município de Santarém, região oeste do Pará, Brasil.

O presente trabalho encontra-se organizado da seguinte forma: apresentação do referencial teórico, seguido da metodologia, resultados e discussões e finalmente as referências bibliográficas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fontes de energia no Brasil - questões norteadoras

A energia impulsiona a economia e melhora de forma significativa a qualidade de vida e o bem estar social, nesse sentido, ela é utilizada de forma diversificada e considerada insumo fundamental na economia e no desenvolvimento da sociedade (SEVERINO, 2008). Sobre isso, a CIGRÉ BRASIL (2013), afirma que em meados do século XVIII, a revolução industrial impulsionou o uso mais eficiente de commodities (madeira, petróleo e carvão) designados a produção de bens e serviços, processo esse que contribuiu para intensificar o consumo de energia.

Até esse momento, as máquinas funcionavam através da tração animal, de esforços humanos, operação com moinhos de ventos ou queda d'agua, e com a máquina a vapor, o funcionamento passou a obter energia da queima do carvão. No decorrer do século XIX, a eletricidade passou a ser utilizada pela humanidade.

> [...] Em 1880, a primeira lâmpada industrializável foi produzida e, dois anos depois, projetou-se a primeira usina produtora de energia elétrica. O motor elétrico e os motores que usam a energia de combustão foram desenvolvidos nessa época. O trem surgiu em 1879. Em 1893, os primeiros automóveis foram fabricados (LOPEZ, 2012, p.19).

O processo de transformação pelo qual a humanidade passou, desde o início do século XX, com o crescimento da produção industrial e agrícola, resultou no cresci-

mento dos centros urbanos e consequentemente a necessidade do uso de energia (LOPEZ, 2012). O aumento do consumo, concomitante a limitação de oferta de fontes não renováveis, impulsiona pesquisadores a desenvolver fontes de energia sustentáveis e que, portanto, amenizem os impactos ambientais.

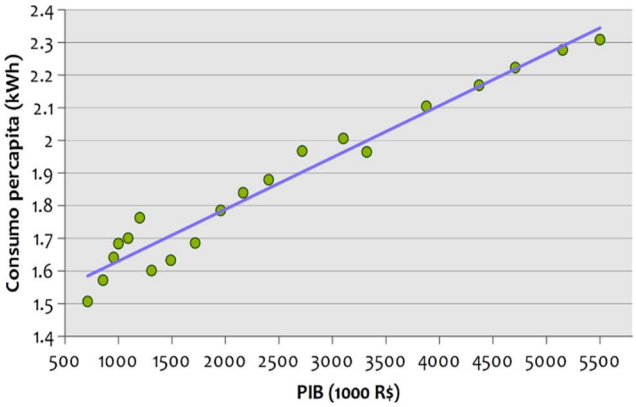
> A necessidade de energia para o desenvolvimento de um país é inquestionável, porém a aplicação de tecnologias que buscam o incremento da eficiência energética e a sustentabilidade da produção asseguram e possibilitam um desenvolvimento com impactos ambientais reduzidos (PEREIRA; ET ALL, 2017, p.11).

Corrobora Severino (2008), que devido a redução da oferta e consequentemente os riscos de esgotar as reservas de combustíveis fósseis faz-se necessário a mudança na matriz energética mundial, com esforços significativos para o aproveitamento de outras fontes energética, e prioriza por exemplo, a energia solar. A Empresa de Pesquisa Energética- EPE, (2018), define matriz energética como o conjunto de fontes de energia disponíveis em determinado lugar para gerar energia elétrica e dessa forma atender a demanda populacional.

De acordo com CIGRÉ BRASIL (2013), obter independência energética de fontes não renováveis junto a preocupação com as alterações climáticas, foram fatores que no início da década de 1990, embasaram principalmente os países desenvolvidos, nas aplicações dos sistemas fotovoltaicos conectados na rede elétrica.

A EPE (2018) afirma que, em consonância com o cenário econômico do Brasil, a demanda do consumo de energia é crescente, conforme figura 1. Nesse contexto, fatores como a melhoria da qualidade de vida, no que tange o acesso a moradia, saneamento e transporte, e programas de eletrificação rural, justificam o aumento do consumo de energia no Brasil.

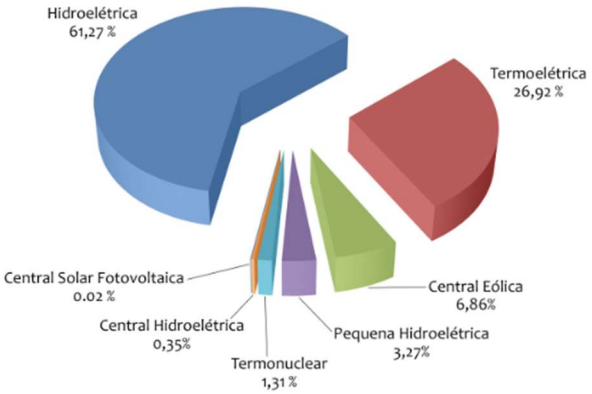
Figura 1 - Variação do consumo de energia versus Produto Interno BrutoBrasileiro entre 1995 e 2015.



Fonte: EPE (2015); IBGE (2017) citados em Pereira, et al 2017.

Com base na figura 2, observa-se que dentre as fontes de energias, as hidroelétricas se destacam na matriz energética do país, porém estão sujeitas a influência de fatores climáticos: regimes de chuvas, por exemplo.

Figura 2 - Matriz elétrica brasileira em maio de 2017 de acordo com dados disponíveis no Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica.



Fonte: Pereira et al, 2017.

A escassez compromete a segurança energética e consequentemente, eleva os preços da energia. As demais fontes renováveis, eólica e solar fotovoltaica são apenas fontes intermitentes de energia devido as condições meteorológicas e a variabilidade temporal de cada local (PEREIRA, ET AL, 2017).

O autor supracitado afirma que, nos dias atuais, maior parte do sistema elétrico do Brasil está conectado ao Sistema Interligado Nacional (SIN). Pela análise da abrangência nacional do sistema, apenas 1,7% da demanda total é abastecida por sistemas isolados, localizados principalmente na região amazônica. Corrobora Pereira et al (2017) ao apontar a possibilidade desse tipo de geração cooperar para amenizar as perdas no SIN devido a distância entre o local de geração e os centros consumidores, além de favorecer o controle hídrico dos reservatórios.

Nessa perspectiva, Lopez (2012) afirma que, a viabilidade no uso de sistema solar na geração de energia é fator condicionado a regulamentação e incentivo às energias renováveis. Sobre isso, Pereira et al (2017), reforça importância do planejamento do setor energético para auxiliar a elaboração e implementação de políticas públicas que supram as demandas crescentes de energia a baixo custo, sem comprometer o abastecimento e que amenizem os impactos socioeconômicos e ambientais.

Ainda que seja tecnologia de alto custo, em comparação com os convencionais, programas governamentais fomentaram inúmeras instalações de sistemas fotovoltaicos no mundo. Em contrapartida, no Brasil, a ausência de programas e a falta de regulamentação são empecilho para consolidar a produção de energia elétrica por meio de módulos fotovoltaicos (JANNUZZI, VARELLA, GOMES, 2009).

2.2 Desenvolvimento, captação e processos de aproveitamento da energia solar

No século XX, a crise energética na década de 70 despontou a dependência global pelas fontes de combustíveis fósseis na geração de energia, logo, houve a necessidade de pensar em alternativas para produção, distribuição e uso de energia, afim de substituir as fontes de energia não-renováveis. A partir de então, aumenta o interesse pelo desenvolvimento da energia fotovoltaica, tanto que o governo dos Estados Unidos da América passou a financiar pesquisas no âmbito de desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica (SILVA, 2017).

Ainda de acordo com a autora supramencionada, em 1877, células de selênio foram fabricadas, e no final do século XIX passaram a ser comercializadas, cujo o funcionamento do dispositivo era através da exposição ao sol. Na década de 80, as baixas nos custos de fabricação concomitante ao emprego de novos materiais na composição de sistemas fotovoltaicos possibilitaram a viabilidade do uso em diferentes aplicações nos dias atuais (SILVA, 2017).

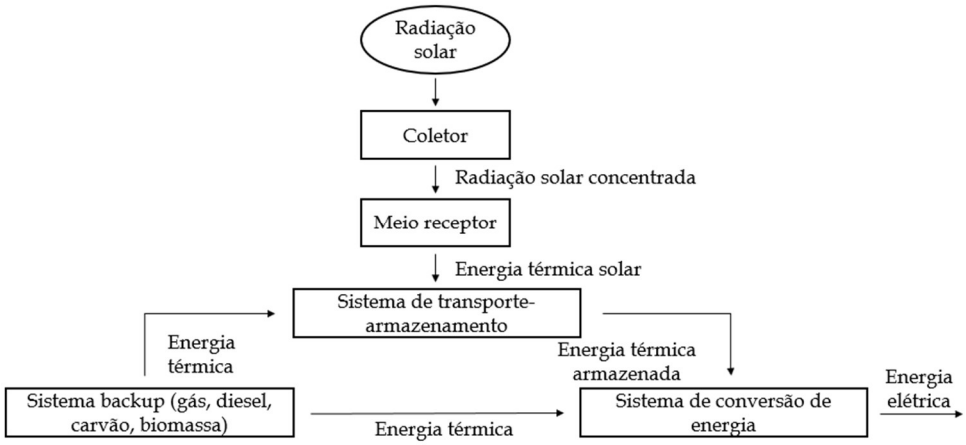
Lopez (2012) reforça que a fonte de energia inesgotável e que gera pouco impactos ambientais é a energia solar.

> Disponível para a humanidade desde o surgimento da vida na Terra, nunca foi aproveitada de forma tão eficiente quanto as demais, considerando-se que as outras fontes de energia renováveis sempre apresentam alguma desvantagem. Providenciar um sistema de suprimento de energia solar confiável é uma tarefa que encontra algumas dificuldades e certo grau de complexidade (LOPEZ, 2012, p. 21).

Após passar pela atmosfera, parte da energia do sol apresenta-se em forma de luz visível dos raios infravermelhos e ultravioletas. Dessa forma, é possível captá-la e transformá-la em energia. Essa fonte de eletricidade é utilizada em diversos setores, de telecomunicações, iluminação, ferramentas, computadores e em bombas, por exemplo. E o aproveitamento da radiação solar pode ser realizado por meio de técnicas modernas de arquitetura e Engenharia, nesse sentido, Lopez (2012), afirma que existe dois métodos de aproveitamento de energia solar: Sistema térmico ou heliotérmico e o sistema elétrico ou fotovoltaico, que é o foco desse trabalho.

Ambos captam a energia solar, porém o que os diferencia é que o sistema térmico (figura 3) a transforma em calor no instante em que ocorre a diferença de potencial na junção de dois metais e a captação é realizada em superfície escura, esses coletores solares dos sistemas térmicos, são destinados para fins comerciais e residenciais no uso para a produção de eletricidade em usinas termelétricas, aquecimento de água, destilação de água, secagem de grãos e a produção de vapor.

Figura 3 - Esquema geral de um sistema por concentração solar.



Fonte: Lopez, 2012.

Enquanto que o sistema elétrico ou fotovoltaico, converte os fótons da luz do sol em energia elétrica, através de células ou painéis fotovoltaicos e pode ser usado como fonte de energia comum (LOPEZ, 2012).

2.3 Energia solar fotovoltaica

O efeito fotovoltaico descrito em 1839 por Edmond Becquerel, se apresenta através da absorção de luz em estrutura de material semicondutor (em que a área de contato entre as camadas é a característica junção PN e com portadores de cargas opostas) com a manifestação da diferença de potencial. Pode-se afirmar que, "a célula fotovoltaica é a unidade fundamental do processo de conversão (LOPEZ, 2012, P.85)".

A energia fotovoltaica, inicialmente, abarcou o setor de telecomunicações, com fontes de energia em localidades afastadas. Em seguida, foi impulsionada pela "corrida espacial", pois a célula solar apresenta baixa densidade e menor custo para atender a demanda de consumo para longos períodos de duração no espaço. O terceiro agente impulsionador, foi a necessidade de abastecimento energético nos satélites (LOPEZ, 2012).

No âmbito territorial mundial, o despertar para produção das células fotovoltaicas ocorreu com a crise do petróleo de 1973, porém os custos de fabricação deveriam reduzir significativamente para viabilidade econômica na conversão de energia, foi o caso dos Estados Unidos ao diversificar investimentos das empresas de petróleo com geração de energia atrelada a radiação solar.

2.3.1 Métodos para instalação e composição do sistema fotovoltaico autônomo

O local e as estações do ano são fatores que comprometem a disponibilidade da energia solar, dessa forma, o responsável técnico pelo dimensionamento e execução de sistemas desse tipo de energia deve analisar e elaborar um prognóstico da radiação

solar, no quadro 1 é possível verificar os meios a serem utilizados para capturar a energia, bem como dimensionar a capacidade dos dispositivos armazenamento (LOPEZ, 2012).

Quadro 1 - Roteiro para implantação de um projeto de energia fotovoltaica.

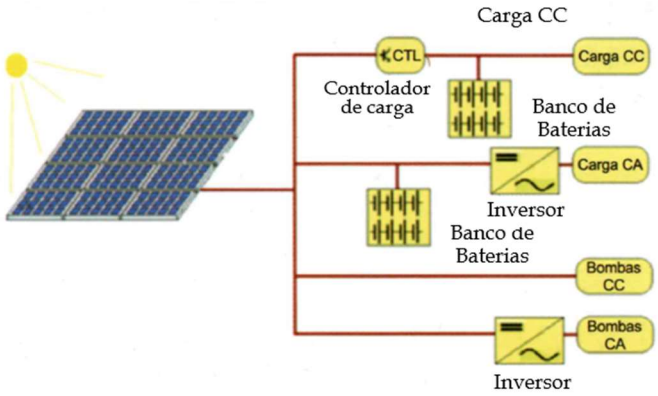
Etapas	Descrição
1º	Determinar o consumo e o potencial de melhoramento na eficiência energética da instalação elétrica. Essa consideração reduz o tamanho e o custo do sistema FV;
2º	Determinar o recurso solar disponível no local;
3º	Dimensionar o tamanho e o tipo do sistema;
4º	Verificar as normas e regulamentações para a produção independente de energia;
5º	Verificar eventuais incentivos existentes para a produção de energia renovável;
6º	Verificar os códigos da construção civil;
7º	Verificar seguro para a cobertura do projeto;
8º	Verificar com a concessionária de energia local para a conexão à rede elétrica se for o caso;
9º	Obter as licenças e permissões se necessárias;
10º	Comprar os módulos, estruturas e equipamentos do sistema FV;
11º	Instalar o sistema FV;
12º	Verificar a performance do sistema (comissionamento);
13º	Assinar o contrato de conexão à rede elétrica se for o caso.

Fonte: Lopez, 2012, p.199.

As condições atmosféricas e a disponibilidade de radiação, dependem da latitude local e da posição no tempo, "isso se deve a inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do sol (translação ou revolução) (LOPEZ, 2012, P.199)".

Quanto as configurações dos sistemas fotovoltaicos, pode ser: sistema isolado ou autônomo, hibrido e conectado à rede elétrica. No sistema autônomo, figura 4, a configuração engloba unidade de controle de potência e de armazenamento, com exceção nos sistemas de irrigação que dispensa o uso de baterias, pois a água bombeada é consumida ou armazenada em reservatórios.

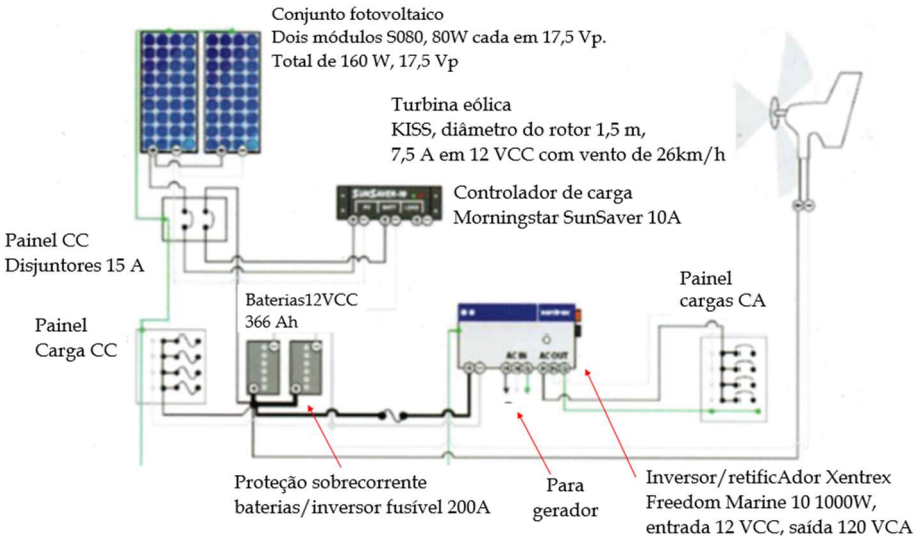
Figura 4 - Diagrama de sistemas fotovoltaicos em função da carga utilizada.



Fonte: Lopez, 2012.

No híbrido (figura 5), os sistemas atuam com mais de uma fonte de geração de energia, por exemplo, turbinas eólicas. Esse processo apresenta certa complexidade por exigir o controle de todas as fontes para obter eficiente fornecimento. São empregados com o uso de inversores em médias e grandes demandas. Nos sistemas conectados à rede elétrica, apenas o uso de baterias é dispensado, pois a quantidade gerada durante o dia é repassada diretamente a rede de abastecimento da concessionária.

Figura 5 - Esquema de um sistema híbrido real.



Fonte: Lopez, 2012.

Além das técnicas e categorias dos sistemas, no quadro 2 é possível observar os componentes e características do sistema fotovoltaico autônomo:

Quadro 2 - Principais componentes de sistemas isolados.

Componentes	Características
Captação de irradiação solar:	• Realizada através de Painéis fotovoltaicos, que são módulos compostos por células fotovoltaicas conectadas em série ou paralelo com o objetivo de produzir tensões e correntes demandadas. • Cada célula produz em média 0,5V, logo, um módulo composto por 36 células opera com 18V sem carga sob tensão nominal de 12V. • Operação de um painel estará em conformidade com a quantidades de células que o compõe.
Regulador fotovoltaico	• Nos sistemas que necessitam de baterias para armazenar a energia (sistemas isolados) é fundamental a instalação de dispositivo que impossibilite a passagem da corrente reversa, previna a sobrecarga e o excesso de descarga dos dispositivos de armazenamento, sinalize o estado da bateria e o fluxo da carga através do visor no painel de comando.

Sistema de armazenamento de energia	• As baterias têm a finalidade de armazenar energia elétrica de corrente contínua para ser utilizada posteriormente. • Existe dois tipos de baterias: sódio-enxofre (NA-S) e a metal-ar. • Diferença entre elas: a fabricação de baterias de metal-ar é mais acessível financeiramente, assim como possuem alta capacidade de armazenar, segurança e menos poluente, porém, apresenta pouca vida útil.
Inversor de corrente contínua para corrente alternada	• Transforma a tensão de entrada (Corrente Contínua) para serem distribuída para consumo na forma de corrente alternada. • Nos sistemas isolados e híbridos, a alimentação de equipamentos de corrente alternada é realizada com o auxílio do inversor, para proporcionar comodidade no uso de aparelhos dependentes do sistema. • Nos sistemas conectados à rede elétrica, os inversores devem ser instalados para evitar danos a rede.

Fonte: Adaptado de Lopez, 2012.

Lopez (2012) reforça que a capacidade de conversão em energia elétrica de um módulo é cerca de 10% da radiação disponível e mesmo na sombra produz significativa quantidade de eletricidade. Os controladores de cargas devem ser empregados em sistemas que atuem nos aparelhos de baixa tensão e corrente contínua.

Quanto ao armazenamento, esse deve apresentar elevada confiabilidade, assim como ter vida cíclica para descargas profundas, seja eficiente no carregamento, ausente de manutenção, capacidade de ficar sem carga, baixa taxa de autodescarga e que não tenha o desempenho afetado durante variação de temperatura. E os inversores devem ser eficientes, proporcionar ininterrupção de saída e ter competência de potência para abastecimento imediato.

2.4 O impacto do uso de sistemas de captação de energia solar na Amazônia

As áreas isoladas presentes na Amazônia brasileira, são desprovidas de energia elétrica apesar de existir grandes projetos de infraestrutura energética, muitas regiões ficam a par de acesso à energia, é o caso de localidades distantes dos grandes centros urbanos, por exemplo, comunidades ribeirinhas. Hernandez (2012) afirma que justificativas apresentadas pelo Estado se embasam nas grandes extensões territoriais, floresta compactas, densa rede hidrográfica, áreas alagadas, quando o fator principal é a ausência de elaboração e implementação de políticas públicas voltadas para sanar o alto grau de exclusão energética.

No intuito de suprir ou amenizar os problemas decorrentes da falta de energia elétrica, muitas comunidades e/ou municípios, optam pelo uso de sistemas isolados, motor movido a óleo diesel, proveniente de fonte não renovável. É através desse tipo de geração que os lares ribeirinhos tem energia para iluminação, assistir televisão e usar outros equipamentos domésticos.

Diante deste cenário, convém buscar tecnologias sustentáveis como fonte de energia. Nesse sentido, a produção de energia sustentável resultante de tecnologia fotovoltaica, gera oportunidades para comunidades que não tem acesso à energia elétrica no Brasil, pois amenizam a emissão de gases de efeito estufa e permitem o desenvolvimento socioeconômico dessas regiões (PORTAL BRASIL SOLAR, 2020)".

Contribui Gomes (2020), que a ciência auxilia os pesquisadores nos estudos sobre a aquisição de métodos alternativos para a geração de energia, nesse caso, a captação da luz solar e os sistemas híbridos como alternativa a comunidades ribeirinhas. Se tratando da Amazônia, o autor afirma que este território possui potencial elevado para gerar energia solar devido à proximidade com a Linha do Equador.

Dessa forma, o autor citado acima, assegura que o sistema *off-grid* no período diurno (produção de energia é maior que o consumo) o excesso gerado é destinado para os dispositivos de armazenamento, enquanto que no turno da noite (consumo maior que a produção) a energia armazenada na bateria pode suprir o abastecimento da rede ligada ao sistema. Nesse tipo de sistemas isolados, a carga pode ser utilizada para fins específicos, como, por exemplo, iluminação, bombeamento de água e eletrificação de cercas (GOMES, 2020).

O Fundo Mundial da Natureza (WWF) é uma instituição que objetiva fomentar o uso de energias limpas no país, tendo em vista que a geração de energias com recursos renováveis são menos onerosas e apresentam benefícios sociais e ambientais (PORTAL BRASIL SOLAR, 2020). O projeto desenvolvido por eles envolve micro e mini geração de energia na Amazônia, com direito a treinamento para a população beneficiada de como usufruir da energia gerada através de painéis solares na região.

No mais, em comparação com fontes de energia movida a combustíveis fósseis, os sistemas que se auto sustentam através do uso de baterias são economicamente viáveis. Contribui Gomes (2020) que o sistema *off-grid*" aumenta a disponibilidade de energia e amortiza o consumo de combustíveis fósseis.

3 METODOLOGIA

O levantamento primário das informações foi realizado através de levantamento bibliográfico e teórico-metodológico acerca de energias renováveis, em particular os

sistemas de energia fotovoltaicas, com o intuito de observar a eficiência da instalação desse sistema em área ribeirinha. Em um segundo momento, surgiu a necessidade de pesquisar em sites institucionais.

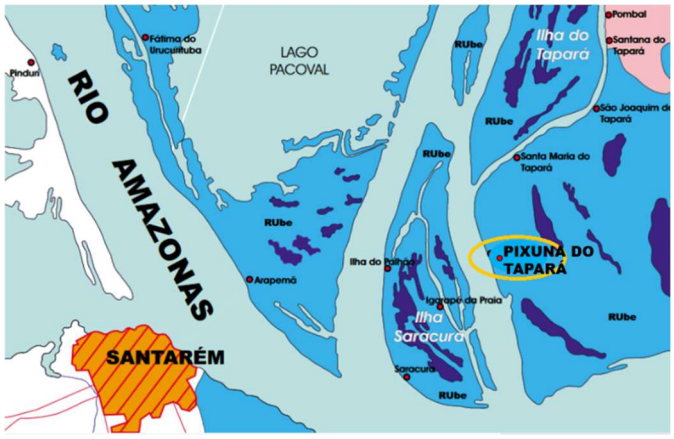
Posteriormente, foi dado início a coleta de informações em relação a instalação do sistema fotovoltaico *"off-grid"* junto aos executores, a escolha da área de estudo se deu de forma amostral. Num quarto momento, procedeu-se também a coleta de informações, dessa vez, na área da comunidade beneficiada e o registro fotográfico.

Em seguida, ocorreu o tratamento de dados a partir da tabulação em Software Microsoft Office Excel 2016. E por fim, foi realizado a análise e sistematização dos dados coletados. A pesquisa ocorreu no período de 03 de setembro de 2020 a 31 de março de 2021.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Se tratando da região Norte, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) afirma que 1,6% da população não é beneficiada com abastecimento de energia, isso equivale a aproximadamente 3,32 milhões de pessoas. Nesse enfoque, tem-se Pixuna do Tapará, comunidade ribeirinha localizada na área de várzea do município de Santarém, região Oeste do Pará, figura 6.

Figura 6 - Localização da comunidade Pixuna do Tapará.



Fonte: Adaptado de Laboratório de Sensoriamento Remoto da Embrapa - Amazônia Oriental.

A comunidade está situada nas coordenadas geográficas 02°23'76,6" S e 54°34'20,0" W. A economia local é embasada na agricultura familiar e pesca. A comunidade, é formada por 70 famílias e possui 350 moradores, dos quais 60 frequentam a escola que oferta o ensino fundamental. A figura 7, apresenta a comunidade no período de cheias dos rios.

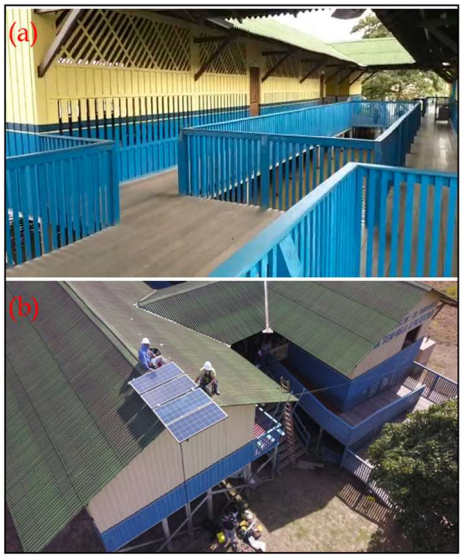
Figura 7 - Comunidade Pixuna do Tapará.

Fonte: Acervo do projeto, 2019.

Os empecilhos apontados pelo Estado para justificar a ausência do fornecimento de energia nas áreas ribeirinhas, instigou um grupo de acadêmicos de Engenharia Elétrica de um centro universitário local, orientados por um docente da área, a implementar um sistema de energia fotovoltaica autônoma na Escola Municipal Nossa Senhora Aparecida da comunidade (figura 8a), com o objetivo de reduzir o uso de geradores a diesel e também proporcionar conforto e continuidade das atividades com a iluminação artificial.

O local escolhido para implantação do sistema apresenta infraestrutura com divisórias em madeira e cobertura com estrutura de madeira e telhas onduladas (figura 8b), e ambientes como salas de aula, bibliotecas, cozinha e banheiro, além de contar com equipamentos elétricos (bebedouro, impressora e lâmpadas) que devido a limitação financeira funciona em horários pré-determinados.

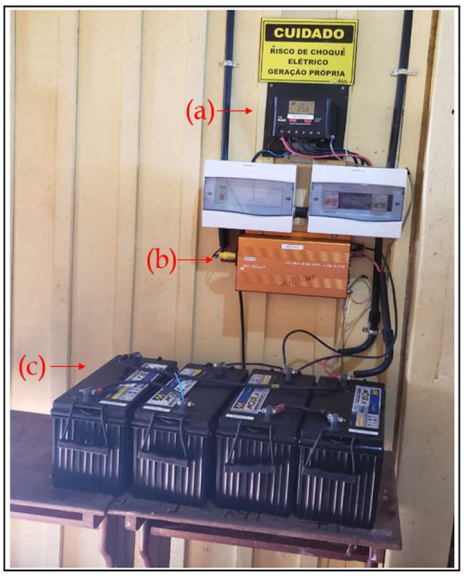
Figura 8 - (a) Infraestrutura da Escola;
(b) Instalação dos módulos fotovoltaicos.



Fonte: Acervo do projeto, 2019.

Na figura 9, é possível verificar os demais equipamentos destinados ao armazenamento, dispositivo de controle de carga e descarga, transformador de tensão e dispositivos de proteção contra surtos. Acomodados em ambiente de acesso somente por parte do responsável de manutenção.

Figura 9 - (a)Controlador de cargas; (b) Inversor; e (c) Baterias.



Fonte: Acervo do projeto, 2019.

Para o uso do sistema de energia fotovoltaica "*off grid*", foram levados em consideração os seguintes equipamentos e cargas, tabela 1:

Tabela 1 - Dimensionamento de cargas.

Descrição	Qtd	Tempo de funcionamento	Potência (W)	Energia (WH)
Lâmpada Led	15	4	10	200
Bebedouro	1	12	97	1164

Fonte: Autores, 2021.

Corrobora CIGRÉ-BRASIL (2013) que para avaliar a efetividade desse tipo de sistema deve-se ir além dos aspectos técnicos e englobar questões econômico-financeiros e político-ambientais, além do mais, informações acerca da geração, credibilidade, segurança das instalações, perfil do fornecimento energético e aspectos ambientais devem ser levados em consideração.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A extensão territorial da Região Norte contribui para a formação de áreas isoladas dos grandes centros urbanos, tanto em territorialidade quanto ao acesso à energia. Para suprir a ausência desse insumo, nos lares ribeirinhos são utilizados maquinas movida a fonte não-renovável, o motor a diesel. Nesse sentido, o presente trabalho averiguou os limites e potencialidades encontradas para implantação do sistema foto-

voltaico "*off-grid*" na Escola Municipal da comunidade Pixuna do Tapará localizada na área de várzea do município de Santarém, região oeste do Pará.

Diante disso, conforme averiguado na pesquisa de campo, observou-se peculiaridades para a implantação de geração de energia fotovoltaica, tendo como principais indicadores, aquisição do material através de patrocínios empresariais e os custos operacionais de responsabilidade dos envolvidos no projeto. Outro fator de destaque foi o processo oneroso com o transporte do material até a comunidade, devido a necessidade de locação de transporte fluvial.

Cabe destacar ainda, que a posição geográfica é fator que influencia na geração de energia, pois a adequada inclinação e direção de instalação do painel solar contribui para o melhor aproveitamento da radiação solar. Nesse sentido, áreas subutilizadas na edificação educacional como a cobertura, passou a ser aproveitada.

No que tange a viabilidade de implantação do sistema na Escola Nossa Senhora Aparecida, os resultados apontam para a exequibilidade do sistema com a autonomia de horas a que foi projetado e principalmente em relação a redução dos gastos com combustíveis, tendo em vista que a radiação solar é uma fonte de energia sustentável de fundamental importância para auxiliar na geração de energia com benefícios ao meio ambiente e a população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.

_____. **NBR 6024:** informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento escrito: apresentação. Rio de Janeiro, 2003a. 3 p.

_____. **NBR 6027:** informação e documentação: sumário: apresentação. Rio de Janeiro, 2003b. 2 p.

_____. **NBR 6028:** informação e documentação: resumo – apresentação. Rio de Janeiro, 2003. 2 p.

_____. **NBR 10520:** informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002a. 7 p.

_____. **NBR 14724**: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2005. 9 p.

_____. **NBR IEC 61643-1:** Dispositivos de proteção contra surtos em baixa tensão- Parte 1: Dispositivos de proteção conectados a sistemas de distribuição de energia de baixa tensão- Requisitos de desempenho e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2007. 72 p.

CIGRÉ-BRASIL. **Geração Fotovoltaica de Energia no Brasil: Relatório Final.** 2013. Disponível em: http://www.cigre.org.br/archives/BT_13_final.pdf. Acesso em: 28 setembro 2020.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética (BRASIL). **Atlas da Eficiência Energética: Relatório de indicadores**. Brasília: EPE, 2019. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-461/Atlas%20da%20Efici%C3%AAncia%20Energ%C3%A9tica%20do%20Brasil%20(002).pdf. Acesso em 03 outubro 2020.

_____. **Matriz Energética e Elétrica**. 2018. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica. Acesso em 03 outubro 2020.

GOMES, Augusto. **Tecnologia fotovoltaica possibilita acesso à energia a comunidades ribeirinhas da Amazônia.** 2020. Disponível em: https://www.mamiraua.org.br/noticias/tecnologias-energia-limpa-possibilitam--acesso-comunidades-ribeirinhas--amazonia. Acesso em: 28 setembro 2020.

HERNANDEZ, F. M. Hidrelétricas na Amazônia: renovabilidade e não renovabilidade da política energética. Se é desejável a renovabilidade das formas de conversão de energia, por que não é desejável renovar a política energética?. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Humanas,** Belém, v.7, n.3, p.791-811, set.-dez. 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1981-81222012000300012 . Acesso em: 28 setembro 2020.

JANNUZZI, Gilberto de Martino; VARELLA, Fabiana de O. M.; GOMES, Rodolfo Dourado Maia. **Relatório Final- Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: Panorama da Atual Legislação.** IEI. Internactional Energy Iniative. Campinas, 2009. Disponível em: http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/RELATORIO_PROJETO_2_FINAL.pdf. Acesso em: 28 setembro 2020.

LABORATÓRIO DE SENSORIAMENTO REMOTO DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Mapas das várzeas do município de Santarém-Pará.** Disponível em: http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/108484/1/Solos-das-Varzeas-do-Municipio-de-Santarem.pdf. Acesso em: 26 setembro 2020.

LOPEZ, Ricardo Aldabó. **Energia Solar para produção de eletricidade.** São Paulo: Artliber Editora, 2012.

PEREIRA, E.B.; et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** 2.ed.-São José dos Campos: INPE, 2017. 88p.

PORTAL BRASIL SOLAR. **Produção de energia solar por comunidades ribeirinhas tem permitido desenvolvimento socioeconômico e ambiental no Brasil.** 2020. Disponível em: http://www.portalenergiasolar.com.br/energia-solar/resultadonoticias.asp?id=1692. Acesso em: 28 setembro 2020.

SEVERINO, Mauro Moura. **Avaliação técnico-econômica de um sistema híbrido de geração distribuída para atendimento a comunidades isoladas da Amazônia.** 2008. 335f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) –Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: http://www.gsep.ene.unb.br/producao/marco/Tese_MauroSeverino.pdf. Acesso em: 28 setembro 2020.

SILVA, Nathan H. G. S. da. **Projeto de pesquisa: Desenvolvimento de projeto para aproveito de energia solar numa escola pública de Brasília.** Brasília, 2017. Disponível em: https://www.publicacoesacademicas.uniceub.br/pic/article/download/5498/3861. Acesso em: 28 setembro 2020.

CAPÍTULO 8

ESTUDO COMPARATIVO DE IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO ON-GRID E O SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR NO RESIDENCIAL SALVAÇÃO, SANTARÉM-PÁ, BRASIL

COMPARATIVE STUDY OF IMPLEMENTATION OF AN ON-GRID PHOTOVOLTAIC SYSTEM AND THE SOLAR HEATING SYSTEM IN RESIDENTIAL SALVAÇÃO, SANTARÉM-PÁ, BRAZIL

Daniel Costa do Vale[1]
Jefferson Júnior Cavalcante de Araújo[2]
Márlison Santos de Sá [3]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.8

1 Centro Universitário da Amazônia- UNAMA. https://orcid.org/0000-0002-3429-3935O. danielcosta.dc38@gmail.com
2 Centro Universitário da Amazônia- UNAMA. https://orcid.org/0000-0001-7724-7376. cavalcante100@hotmail.com
3 Centro Universitário da Amazônia- UNAMA. https://orcid.org/0000-0001-7470-266 . 270102987@prof.unama.br

RESUMO

No Brasil existem cada vez mais profissionais atraídos para trabalhar com energia solar. Afinal, a tecnologia fotovoltaica além de gerar economia, gera muitas oportunidades de emprego. Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo realizar um estudo comparativo de implementação de um sistema fotovoltaico *on-grid* e o sistema de aquecimento solar no Residencial Salvação, em Santarém-PA, Brasil. Para tal, uma típica residência de baixa renda foi escolhida e definida como unidade amostral. Através de instrumentos qualitativos e quantitativos realizou-se a comparação dos custos de implementação dos aquecedores solares, atualmente instalados, e um sistema fotovoltaico *on-grid*, caso este tivesse sido instalado. Como resultado verificou-se que como a cidade de Santarém está localizada na região Norte do Brasil, sendo esta detentora de um clima predominante equatorial, com elevadas temperaturas o ano inteiro, o sistema de aquecedor solar se mostrou pouco aplicável, enquanto que o fotovoltaico mostrou-se bastante promissor. Tal resultado aponta para a importância dos projetos do Governo Federal serem definidos a partir das características locais de cada região.

Palavras-chave: Desenvolvimento de Projetos. Características Regionais. Energia Fotovoltaica.

ABSTRACT

In Brazil, there are each time more professionals attracted to work with solar energy. After all, the photovoltaic technology not only generates economy but also provides more job opportunities. In this context, this paper aims to perform a comparative study of implementation of an on-grid photovoltaic system and the solar heating system in the Residencial Salvação district in the city of Santarém, state of Pará, Brazil. In order to achieve it, a typical low-income home was chosen and defined as a sample. Through qualitative and quatitative instruments an implementation cost comparison of the solar heaters was made among the devices presently installed, and an on-grid photovoltaic system, in case this one were installed. As a result it was checked that as the city of Santarém is located in the northern region of Brazil, being a holder of predominant equatorial climate, having elevated temperatures the entire year, the solar heating system showed itself little applicable, whereas the photovoltaic system proved to be rather promising. Such result points to the importance of the Brazilian federal government projects to be defined from the local features of each region of the country.

Key words: Development of projects. Regional features. Photovoltaic energy.

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, é perceptivo que o setor energético nacional vem sendo pressionado, devido ao acelerado crescimento de demanda por energia elétrica. Por este motivo o Brasil tem ampliado suas fontes na matriz energética e cada vez mais ganham destaque a energia solar, energia eólica, energia da biomassa e outros.

O Brasil é um país rico em recursos naturais e possui recursos humanos disponíveis para atuar na geração de energia solar fotovoltaica (CÂMARA, 2011). Logo, em novembro de 2015, houve a criação da Resolução Normativa n° 687 (complementar a norma n°482), que possibilita a compensação de energia com a instalação de pequenos geradores na unidade consumidora. Segundo os dados da EPE (Empresa de Pesquisa Energética), referente ao crescimento exponencial da energia solar no país, com uma margem notória de produção 6.655 GWh de energia, no período base de 2019, com isso a produção energética nacional está alcançando as expectativas do mercado.

O empreendimento local analisado neste trabalho, tem interesse social e econômico na região Amazônica e nesses tipos de residências do Programa "Minha Casa e Minha Vida" é comum o Governo Federal, utilizar Sistema de Aquecedor de Água, por isso o estudo é voltado a verificar qual seria o melhor investimento para o empreendimento em questão.

Tal como comenta Baptista (2016) graças às concessões de painéis solares disponíveis, bem como aos preços cada vez mais competitivos do mercado, a energia solar tornou-se a principal fonte de energia para cada vez mais famílias. A tecnologia foi aprimorada drasticamente nos últimos anos e foi complementada por sistemas de armazenamento de bateria solar, transformando a energia solar em uma fonte significativamente mais eficiente de energia limpa.

Cabe destacar que o aquecedor solar tem a função de principalmente aquecer a água do chuveiro. Desde a segunda fase do programa, a instalação do sistema se tornou obrigatória nas unidades unifamiliares contratadas a partir de 30 de junho de 2012, nas modalidades Empresas e Entidades, para famílias atendidas pela faixa 1 – a de menor renda, no entanto, o custo do sistema é incluído no valor do imóvel.

No entanto, surge a problemática que os aquecedores solares só fazem sentido para algumas regiões do país, a região Norte é uma região que na maior parte do ano não apresenta a necessidade de um aquecedor, por ser uma região com um clima equatorial, ou seja, o equipamento tende a tornar o imóvel mais caro, sem que esse benefício seja convertido ao morador.

O projeto do Governo Federal, através do Programa Minha Casa, Minha Vida, beneficiou centenas de famílias ali residentes. No entanto, o projeto de implementação de aquecedor solar na região, ainda é motivo de insatisfação por parte dos moradores, que acabaram não aderindo o seu uso.

Desta maneira o presente trabalho mostra-se relevante pois através da análise comparativa aponta quais equipamentos do campo da energia solar deveriam ser instalados neste contexto, levando-se em consideração as características regionais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Devido à preocupação com o aquecimento global causado pela inserção de gases de efeito estufa na atmosfera, muito se tem pesquisado e investido a fim de se obter novas fontes de energias renováveis e não poluentes para geração de energia elétrica. Dentre as fontes renováveis mais utilizadas, a fotovoltaica tem sido muito difundida e estudada no mundo todo por ser a forma mais direta de se obter energia elétrica.

Comenta-se de acordo com Baptista (2016) que o efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez em 1839 por Edmond Becquerel que verificou que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas em um eletrólito, produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz. A partir daí os avanços tecnológicos não pararam de acontecer e permitiram uma melhor eficiência das placas solares permitindo assim, o seu uso para uma geração de energia limpa.

No Brasil, a energia fotovoltaica vem crescendo fortemente, a capacidade instalada em energia solar no país deve fechar o ano de 2018 perto de 2,5GW, um salto de cerca de 115% ante a marca de 1,15 GW no final do ano de 2017. A agência que regula a energia elétrica no Brasil tem estimulado o uso da energia solar através de programas de incentivo voltados para os sistemas distribuídos, que visam o uso de sistemas de geração de pequeno porte, geralmente a partir de fontes renováveis conectados à rede, o surgimento de tais programas, fez com o que os índices de geração de energia fotovoltaica distribuída no país crescessem mais ainda.

Um destes incentivos da ANEEL foi criado desde abril de 2012 (Resolução Normativa nº 482/2012), que é o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, este permite que o consumidor não só gere sua própria energia a partir de fontes renováveis, como também possa fornecer excedentes de energia à rede elétrica. Neste caso o consumidor acumula créditos para descontar em sua conta de energia em períodos em que sua geração for menor que o seu consumo. É importante destacar que no Brasil, ainda não se pode vender a energia gerada por estes tipos de sistemas.

2.1 Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica

Como comenta Câmara (2011), esse sistema é caracterizado por fazer um balanço do fluxo de energia da seguinte maneira: em alguns momentos do dia, quando a energia gerada pelos painéis fotovoltaicos é suficiente para suprir a demanda de energia das cargas, a energia excedente gerada pelo arranjo fotovoltaico é injetada na rede elétrica da concessionária de energia. Em outros momentos, especialmente durante a noite, quando o sistema gerador não consegue suprir a demanda de energia das cargas, a rede elétrica da concessionária de energia é quem passa a fornecer a energia para a alimentação das mesmas.

Baptista (2016) ressalta que os SFCR são compostos basicamente pelos módulos solares e inversores solar operando em conjunto e ligados à rede elétrica. A figura 1 ilustra como ocorre a produção de energia nos SFCR.

Figura 1 - Fotovoltaica Conectada à Rede.

Fonte: PHB (2020).

Na figura 1 observa-se que a energia elétrica é medida através de um medidor de energia bidirecional instalado geralmente na entrada do estabelecimento ou residência. Neste dispositivo é medida tanto a energia fornecida à rede pelo SFCR quanto à energia fornecida pela concessionária de energia durante a ausência de energia vinda do sistema fotovoltaico.

Baptista (2016) comenta que os painéis solares são instalados em três escalas principais: residencial, comercial e de serviços públicos. A energia solar em escala residencial é normalmente instalada em telhados de casas ou em terrenos abertos (montados no solo) e geralmente varia entre 5 e 20 quilowatts (kW), dependendo do tamanho de uma propriedade. Projetos comerciais de energia solar geralmente são instalados em uma escala maior que a residencial. Embora as instalações individuais possam variar

muito em tamanho, a energia solar em escala comercial serve a um propósito consistente: fornecer energia solar no local para empresas e organizações sem fins lucrativos. Por fim, os projetos solares em escala de utilidade pública são geralmente grandes, várias instalações de megawatt (MW) que fornecem energia solar a um grande número de clientes.

Camargo (2017) concorda que para níveis baixos de geração de energia elétrica, as fontes podem produzir energia de forma isolada, a qual é usada mais para atender cargas que não tem rede elétrica em suas proximidades, sendo assim, é necessário o uso de baterias para fazer o armazenamento da energia que será utilizada em períodos que não se tenha geração de energia. Esse tipo de sistema é também conhecido como *Off Grid*.

Ainda de acordo com Camargo (2017) outra forma corresponde a distribuída, trata-se de uma fonte conectada a carga e a rede elétrica. Assim quando a geração for maior que a demanda da carga, energia é injetada na rede. Por outro lado, se a geração não for maior que a potência necessitada pela carga, a rede elétrica irá fornecer a energia faltante para alimentar a demanda elétrica. Esse sistema é conhecido também como Sistema *On Grid*.

2.1.1 Módulos Fotovoltaicos

De acordo com Câmara (2011) os painéis fotovoltaicos ou também conhecidos como módulos fotovoltaicos (figura 2) são construídos com células fotovoltaicas, as quais são essencialmente materiais semicondutores que são dopados e assim formam junções pn, equivalentes a diodos semicondutores de Silício. A incidência de fótons (energia luminosa) nesta junção causa o aparecimento de cargas elétricas sob a forma de pares elétron-lacuna e, consequentemente, de uma corrente elétrica. Devido aos módulos solares variarem a potência fornecida de acordo com as condições externas como a irradiação solar, a potência destes é medida através da unidade Watt-pico.

Figura 2 - Módulo Fotovoltaico.

Fonte: PHB (2020).

Nessa direção, Burda, Baltazar e Bernardo (2011) mencionam que um painel solar (também conhecido como módulo solar) consiste em uma camada de células de silício, uma armação de metal, uma unidade de revestimento de vidro e fiação para transferir corrente elétrica do silício. O silício (número atômico 14 na tabela periódica) é um não-metal com propriedades condutoras que permitem absorver e converter a luz solar em eletricidade utilizável. Quando a luz atinge uma célula de silício, a luz faz com que os elétrons do silício sejam acionados, iniciando um fluxo de corrente elétrica. Isso é conhecido como "efeito fotovoltaico" e descreve a funcionalidade geral da tecnologia de painéis solares.

2.1.2 Inversores Solar

Pautando-se em Camargo (2017), os inversores solares (Figura 3) são os responsáveis por transformar a corrente contínua (CC) vinda dos painéis fotovoltaicos para corrente alternada (CA) presente na rede elétrica da distribuidora de energia. Além da função de transformação do tipo de energia, os inversores também monitoram a qualidade da energia gerada pelo SFCR através de um sistema de controle modificando parâmetros elétricos, os quais garantem a segurança e integridade do sistema.

Figura 3 - Modelo de inversor de solar.

Fonte: PHB (2020).

Camargo (2017) concorda que com a utilização dos modernos dispositivos eletrônicos, a conversão num sinal de corrente alternada padrão envolve perdas relativamente pequenas. O rendimento do conjunto MPP+inversor é dado pela equação 1:7

$$\eta_{inv} = \frac{Pac}{(Vmax \times Imax)DC} = \frac{Potência\ de\ saida\ AC}{Potência\ de\ entrada\ DC} \qquad \text{Eq. (1)}$$

Onde *Pac* representa a potência entregue à rede elétrica. Um valor normalmente tomado como referência para o conjunto de dispositivos eletrônicos de regulação e interface (MPP e inversor), e que irá ser adotado neste trabalho é ηinv = 90%.

2.1.3 Dimensionamentos de um SFCR

De acordo com Câmara (2011) a primeira etapa para o dimensionamento de um SFCR é saber quanto de energia o cliente deseja gerar e qual o local da instalação do sistema. Em geral, o cliente deseja que a geração fotovoltaica seja suficiente para abater por completo o valor da sua conta de energia e assim, o sistema deve ser capaz de suprir a demanda de energia do local. É importante destacar que por mais que o sistema gere por completo a energia demandada na unidade, o cliente ainda pagará uma taxa, responsável pelos custos de disponibilidade, à concessionária de energia elétrica que varia de acordo ao tipo de ligação entre a unida de consumidora e a rede. De posse da quantidade de energia a ser gerada e dos dados de irradiação do local a ser instalado o sistema, pode-se calcular a potência-pico do sistema fotovoltaico através da Equação 2:

$$P_{FV} = \frac{\left(\frac{Ec}{TD}\right)}{HSP_{MA}} \qquad \text{Eq. (2)}$$

Tal que:

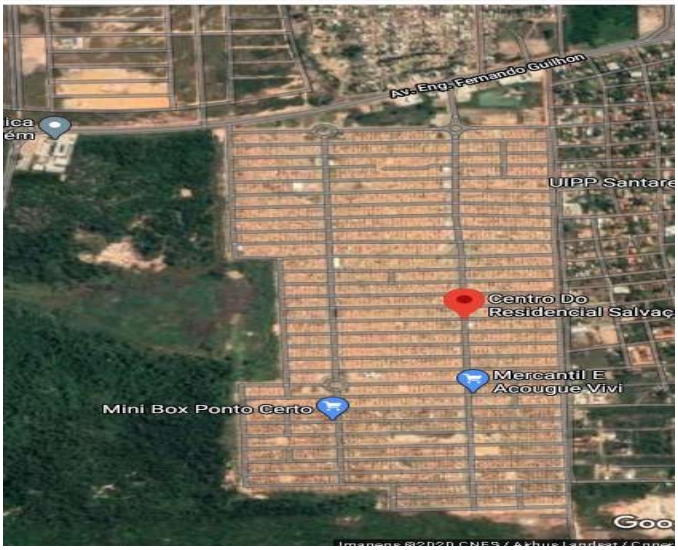
- a Potência pico do arranjo fotovoltaico.
- Geração desejada (kWh/dia).
- o Fator de performance.
- a radiação solar no plano de instalação dos painéis (kWh/m²/ano).

O fator de desempenho citado na literatura oscila entre os valores de 0,7 e 0,8 e está associado às perdas por sombreamento, temperatura, sujeira nas placas, cabeamentos, inversor entre outros. A partir da potência do arranjo fotovoltaico pode-se dimensionar o inversor de frequência compatível com o arranjo e os cabos CC e CA a serem utilizados.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de um estudo de caso. Optou-se por esse tipo de pesquisa por se tratar de um estudo descritivo, desenvolvido para efetuar a comparação entre parâmetros. A pesquisa foi realizada no Conjunto Habitacional do Programa Minha Casa Minha Vida Residencial Salvação, localizado em Santarém-PA, Brasil (Figura 4).

Figura 4 - Localização de Residencial Salvação.



Fonte: Google Maps (2020).

A coleta de informações se deu através de instrumentos qualitativos, com o uso de questionários, entrevista e formulários de solicitações de dados assertivos do local. Em seguida, foram realizados levantamentos das informações pertinentes através do órgão competente SEHAB/TR – SE Habitação Santarém/PA, nos dias 07 a 10 de setembro de 2020.

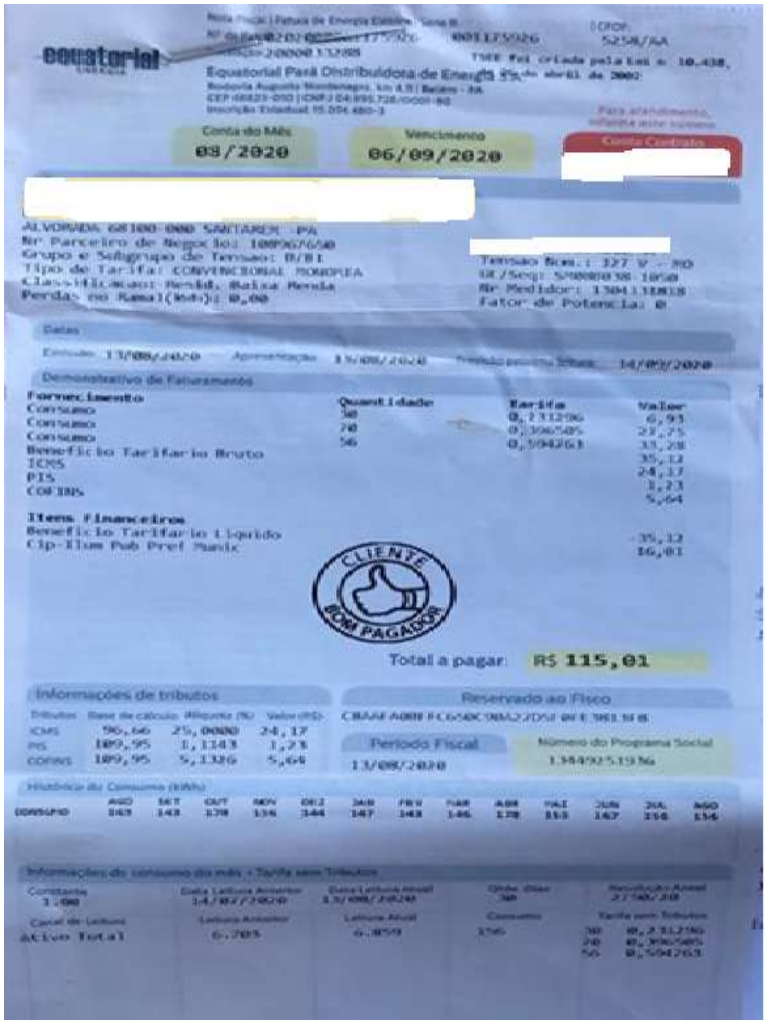
A partir dos dados quantitativos sobre o custo dos equipamentos de ambas tecnologias, com a base de preço do ano de 2021 foi realizada uma análise de viabilidade do sistema de aquecedor solar instalado no residencial e o sistema de energia fotovoltaica *on-grid*, tendo como parâmetros principais a eficiência dos sistemas e o aspecto econômico de implantação e manutenção.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da coleta de dados, foi identificado o número de pessoas que se encaixavam no padrão baixa renda da concessionária EQUATORIAL, onde identificou-se que mais de 80% dos moradores são pessoas de classe média baixa.

Através das entrevistas obtiveram-se as informações necessárias para dimensionamento do SFCR, através do relatório de consumo médio mensal de um residente voluntário.

Figura 5 - Relatório de consumo médio mensal.



Fonte: Residente voluntário (2020).

A partir desses dados realizou-se o dimensionamento de um SFCR para a referida residência, com a base de valores dos equipamentos fornecidos por uma empresa local (Figuras 6 e 7). Pontua-se que os valores apresentados foram orçados considerando a renda da maior parte dos moradores do residencial.

Figura 6 - Itens e Equipamentos.

Item	Qtde
POLICRISTALINO RISEN 340W HALF-CELL	6
ILUMISOL SOFAR 1600TL-G3	1
STRING BOX	Incluso
CABO SOLAR 6MM < PRETO	Incluso
CABO SOLAR 6MM < VERMELHO	Incluso
CONECTOR MC4 MULTI-CONTACT UR PV-KBT4/6II-UR ACOPLADOR FEMEA	Incluso
CONECTOR MC4 MULTI-CONTACT UR PV-KST4/6II-UR ACOPLADOR MACHO	Incluso
JUNÇÃO PARA PERFIL DE ALUMÍNIO	Incluso
ESTRUTURA DE ALUMÍNIO ADEQUADO AO TELHADO	Incluso
MATERIAL ELÉTRICO	Incluso
SERVIÇOS DE INSTALAÇÃO DO SISTEMA	Incluso
PROJETO SOLAR FOTOVOLTAICO	Incluso
ART DE PROJETO E EXECUÇÃO	Incluso
ACOMPANHAMENTO JUNTO À DISTRIBUIDORA	Incluso
MONITORAMENTO DO SISTEMA VIA WEB	Incluso

Fonte: Ilumisol (2020).

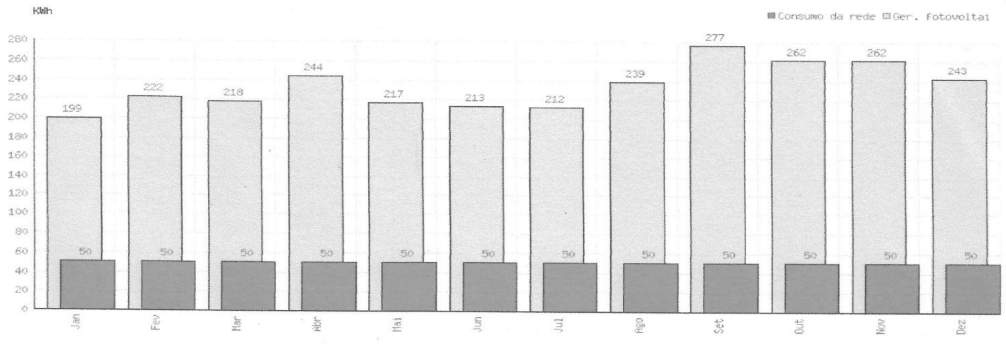
Figura 7 - Valores e Opções de Parcelamentos.

Parcelamento	12x (c/ 15% de desc.)	24x (c/ 7,5% de desc.)	36x (sem acréscimos)	48x (0,29% a.m.)	60x (0,39% a.m.)
1º Parcela em	90 Dias	90 Dias	90 Dias	90 Dias	90 Dias
Valor Parcela	**R$ 908,62**	**R$ 494,40**	**R$ 356,32**	**R$ 288,32**	**R$ 242,07**

Fonte: Ilumisol (2020).

A partir do SFCR definido, composto por 6 módulos fotovoltaicos de 360W, considerando a temperatura, inclinação e irradição no local, mês a mês, a energia média gerada pode ser observada na figura 8, onde as barras em cores escuras identificam o consumo da rede e as barras em cores claras a geração do sistema.

Figura 8 - Consumo e Rendimento do Sistema



Fonte: Ilumisol (2021).

A partir do dimensionamento do SFCR, observou-se que a demanda média de energia de 234 kWh/mês seria o suficiente para atender a edificação. A figura 9 apresenta a geração acumulada de energia, o retorno financeiro e a economia acumulada.

Figura 9 - Análise financeira do sistema fotovoltaico.

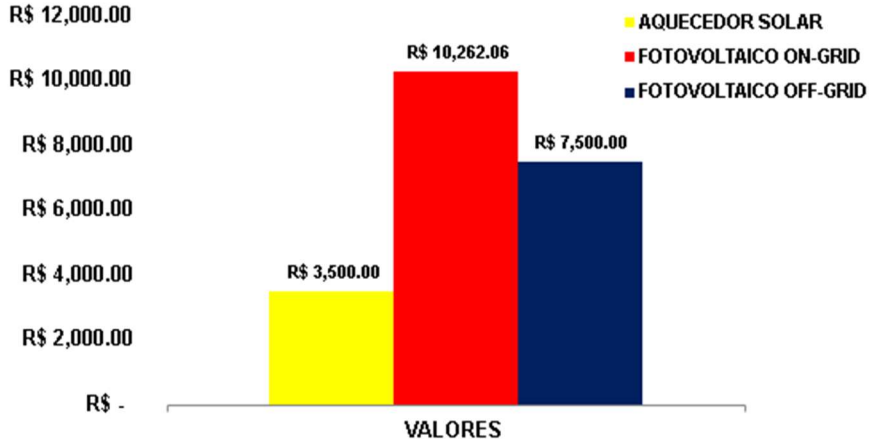
Ano	Rendimento dos painéis	Geração anual de Energia (kWh/ano) considerando perda do rendimento dos painéis	Geração Acumulada de Energia (kWh)	% de reajuste médio anual de energia aprox.	Economia Gerada/ano - R$ - (BxE)	Retorno do Investimento (R$)	Economia acumulada (R$)
1º	99.30 %	2.792	2.792	10%	3.132,98	-9.694,60	3.132,98
2º	98.60 %	2.773	5.565	10%	3.422,15	-6.272,45	6.555,13
3º	97.91 %	2.753	8.318	10%	3.738,02	-2.534,43	10.293,15
4º	97.23 %	2.734	11.053	10%	4.083,04	1.548,60	14.376,18
5º	96.55 %	2.715	13.767	10%	4.459,90	6.008,50	18.836,08
6º	95.87 %	2.696	16.463	10%	4.871,55	10.880,05	23.707,63
7º	95.20 %	2.677	19.140	10%	5.321,19	16.201,25	29.028,83
8º	94.54 %	2.658	21.799	10%	5.812,34	22.013,59	34.841,17
9º	93.87 %	2.640	24.439	10%	6.348,82	28.362,40	41.189,98
10º	93.22 %	2.621	27.060	10%	6.934,81	35.297,22	48.124,80
11º	92.56 %	2.603	29.663	10%	7.574,90	42.872,12	55.699,70
12º	91.92 %	2.585	32.247	10%	8.274,06	51.146,18	63.973,76
13º	91.27 %	2.567	34.814	10%	9.037,76	60.183,93	73.011,51
14º	90.63 %	2.549	37.363	10%	9.871,94	70.055,87	82.883,45
15º	90.00 %	2.531	39.893	10%	10.783,12	80.839,00	93.666,58
16º	89.37 %	2.513	42.406	10%	11.778,40	92.617,40	105.444,98
17º	88.74 %	2.495	44.902	10%	12.865,55	105.482,95	118.310,53
18º	88.12 %	2.478	47.380	10%	14.053,04	119.535,99	132.363,57
19º	87.51 %	2.461	49.841	10%	15.350,14	134.886,13	147.713,71
20º	86.89 %	2.443	52.284	10%	16.766,95	151.653,08	164.480,66
21º	86.28 %	2.426	54.710	10%	18.314,54	169.967,62	182.795,20
22º	85.68 %	2.409	57.120	10%	20.004,98	189.972,60	202.800,18
23º	85.08 %	2.392	59.512	10%	21.851,43	211.824,03	224.651,61
24º	84.49 %	2.376	61.888	10%	23.868,32	235.692,36	248.519,94
25º	83.89 %	2.359	64.247	10%	26.071,37	261.763,72	274.591,30

Fonte: Ilumisol (2021).

Ressalta-se que este consumidor ficaria isento de taxas cobradas pela concessionária, tais como ICMS, PIS e CONFINS. Neste caso o consumidor economizaria no período de um ano o valor de R$ 3.132,98. O valor para implantação do SFCR foi de R$ 10.262,06, valores próximos também foram obtidos em empresas conveniadas ao Governo Federal. Considera-se um valor bastante viável, analisando a facilidade de instalação e a baixíssima manutenção desses sistemas.

Ainda com base nos levantamentos obtidos apresentados na figura 9, foi possível verificar que o tempo de retorno do investimento seria de 6 anos, com valor de R$ 10.880,05, ficando notório um excelente retorno financeiro ao consumidor, tal como pode ser visto na figura 10.

Figura 10 - Comparação de Valores dos Sistemas.

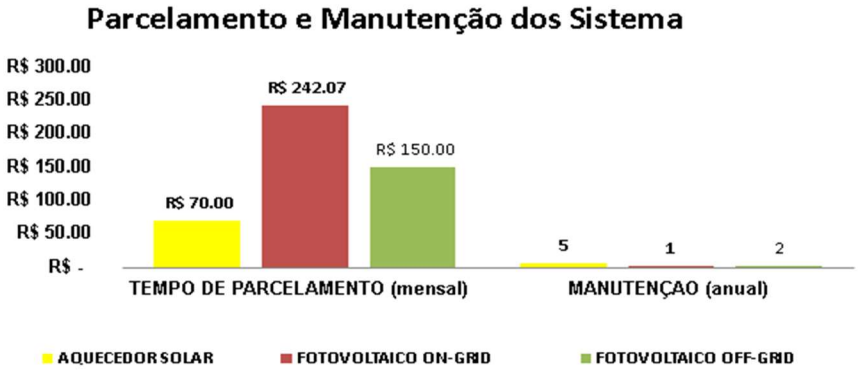


Fonte: Autores (2021).

Na figura 10 observa-se que sistema mais indicado em termos de investimento inicial é o aquecedor solar. O aquecedor solar teria um custo de R$ 3.500,00, enquanto o fotovoltaico *on-grid* custaria R$ 10.262,06 e o fotovoltaico *off-grid* R$ 7.500,00. Ressalta-se que tal consideração apenas observa o investimento de entrada, ser considerar o retorno apresentado na figura 9.

A figura 11 destaca apresenta a comparação entre os sistemas quanto ao parcelamento e manutenção.

Figura 11 - Parcelamento e manutenção do sistema.



Fonte: Autores (2021).

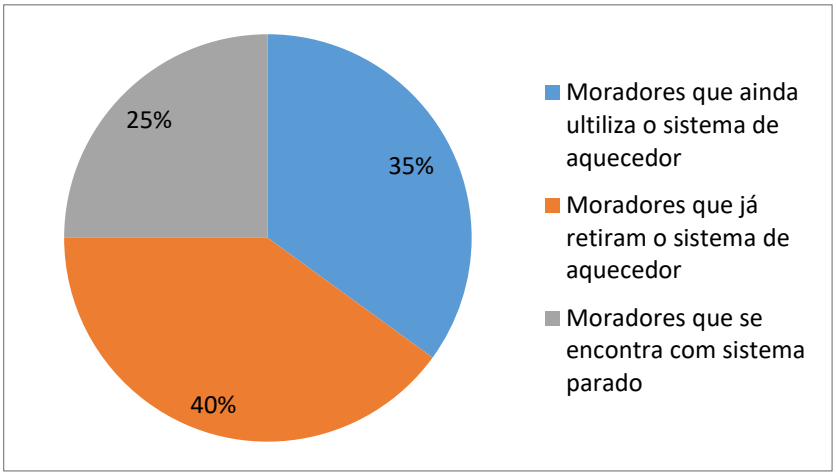
Os sistemas de energia fotovoltaica geralmente não requerem muita manutenção. O usuário precisa apenas manter os painéis fotovoltaicos limpos. Tais limpezas podem ser feitas em intervalos de 12 meses. Além disso, os fabricantes de painéis solares mais confiáveis oferecem garantia de 20 a 25 anos. Ademais, como não há peças móveis, não há desgaste. O inversor é geralmente a única parte que precisa ser trocada após 5 a 10 anos, pois opera continuamente. Além do inversor, os cabos também precisam de manutenção para garantir que seu sistema de energia solar funcione com a

máxima eficiência. Portanto, depois de cobrir o custo inicial do SFCR, o usuário pode esperar pouquíssimos gastos com manutenção e reparos.

Por outro lado, percebe-se que o aquecedor solar durante um ano precisa de cinco manutenções, enquanto o fotovoltaico apenas uma. Mensalmente as parcelas do aquecedor solar custarão R$ 70,00, enquanto o sistema fotovoltaico *on-grid* custariam R$ 242,07 e o sistema fotovoltaico off-grid R$ 150,00.

A figura 12 apresenta o uso do sistema de aquecedor pelos moradores do residencial.

Figura 12 - Uso do sistema de aquecedor.



Fonte: Autores (2021).

Conforme a figura 12, cerca de 35% dos moradores fazem uso dos aquecedores. Em contrapartida 25% dos moradores relataram que o sistema em sua residência se encontra parado e outros 40% destacaram que o sistema foi retirado do imóvel.

Esses dados mostram que de modo geral, os moradores do Residencial Salvação em sua maioria (65%) não utilizam o sistema, apontando que o sistema é dispensável.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que a cidade de Santarém está localizada na região Norte do Brasil, possuindo clima equatorial, os resultados da presente pesquisa corroboraram no sentido de que o sistema de aquecedor solar está desconectado às demandas locais, o que fica facilmente evidenciado pelo números de imóveis que não utilizam o recurso.

Por outro lado o sistema fotovoltaico se apresentou mais vantajoso economicamente e eficiente, apesar do maior investimento para aquisição, o sistema impactaria diretamente e positivamente na renda dos moradores do residencial, por um período de 20-30 anos.

Tais resultados apontam que qualquer projeto de construção residencial, especialmente aqueles fomentados pelo Governo Federal, precisam estar vinculados as características locais, culminando em uma melhor qualidade de vida do moradores e num melhor uso dos recursos públicos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482. ANEEL. [Online] 17 de 04 de 2012. [Citado em: 24 de 10 de 2018.] Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em 13 set. 2020.

BECQUEREL, E**. Memoires sur les effets électroniques produits sous l'influence des rayons**.1859.

BAPTISTA, A. A**nálise da Viabilidade Econômica da utilização de aquecedores solares de água em resorts no nordeste do Brasil.** 2016. 156f. Dissertação (Mestre em ciências em planejamento energético), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2016.

BURDA, A. E.; BALTAZAR, B. P. M.; BERNARDO, J. I. Evolution of renewable energy in Brazil. **3rd International Conference on Clean Electrical Power**: Renewable Energy Resources Impact, ICCEP 2011. Ischia. 316-319 p.

CÂMARA, C. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. 68 p. Dissertação (Monografia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

CAMARGO, Lucas Tamanini. **Projeto de Sistemas Fotovoltaicos conectados à Rede Elétrica**. Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2017.

CAPÍTULO 9

DEFEITOS EM MÁQUINAS ELÉTRICAS NAS OBRAS DE PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA NA OPERAÇÃO XINGU – ITAITUBA - PA

DEFECTS IN ELECTRICAL MACHINES IN ASPHALT PAVING WORKS IN OPERATION XINGU - ITAITUBA – PA

Marcelo da Câmara Fernandes Dias[1]
Márlison Santos de Sá[2]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.9

1 Centro Universitário da Amazônia. https://orcid.org/0000-0001-9507-9679 marcelo.camaradias@gmail.com
2 Centro Universitário da Amazônia. https://orcid.org/0000-0001-7470-2636. 270102987@prof.unama.br

RESUMO

As obras de pavimentação asfáltica são recorrentes pelo território nacional, tendo em vista o desenvolvimento e, principalmente, para a Região Norte, o tráfego é intenso e grande parte destas rodovias não possuem pavimentação. Porém, a logística para realizar tais obras são gigantescas, incluindo diretamente máquinas elétricas em suas tarefas. Neste sentido, quando falamos sobre máquinas elétricas, consequentemente, falamos de manutenção e defeitos. Quais são estes defeitos? Qual é a melhor forma de executar a manutenção? Essas questões nortearam o presente trabalho, nessa perspectiva, que analisou a obra executada na BR-163 no distrito de Moraes Almeida, município de Itaituba-PA. O foco neste trabalho foi o parque de usinas, onde continha uma usina de britagem, causadora de uma enorme quantidade de material pulverulento, e que se adere diretamente ao grupo de motores e geradores elétricos. Nessa perspectiva, foram analisadas ordens de serviço e as características dos geradores, na expectativa de comparar tal procedimento com os padrões recomendados. Os resultados apontaram falhas na manutenção e a ausência de normas regulamentadoras que visem a preservação da funcionalidade dos equipamentos elétricos trabalhando em conjunto com equipamentos originadores de material pulverulento. Assim, o presente trabalho também apresenta uma metodologia que otimize o processo e reduza ao máximo medidas de manutenção corretiva e gastos desnecessários dos recursos públicos.

Palavras Chave: Grupo Gerador. Pavimentação na Região Norte. Manutenção de máquinas elétricas.

ABSTRACT

Asphalt paving works are recurrent throughout the national territory, in view of the development and, mainly, for the North Region, traffic is intense and most of these highways have no paving. However, the logistics to carry out such work are huge, including directly electric machines in their tasks. If we are talking about electrical machines, therefore, we are talking about maintenance and defects. What are these defects? What is the best way to maintain maintenance? These questions open loopholes for a general analysis of the work carried out on BR-163 in the district of Moraes Almeida, municipality of Itaituba-PA. The focus in this work was the Plant Park, where there was a crushing plant that caused an enormous amount of powdery material, which adhere directly to the groups of electric generator motors. The objective is to detect the problems of these generators, as causes and a way to be remedied. To this end, a survey of documentation was carried out, such as work orders and characteristics of the generators for analysis, comparing them with what would be recommended on

maintenance. Since the results were inconsistent with what would be ideal for maintenance, there was a need to plan a new method to achieve the ideal of maintenance. In addition to the surprise that there are no regulatory standards in which they preserve the functionality of electrical equipment working in conjunction with equipment that originates from powdery material. A method was created to improve the efficiency of the new process, without compromising production and avoiding, as far as possible, corrective maintenance and unnecessary costs.

Keywords: Generator Group. Paving in the North Region. Maintenance of electrical machines.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do país ecoa pelas rodovias brasileiras, que são responsáveis pela maior parte do transporte de gêneros alimentícios, materiais de construção e qualquer outro produto brasileiro, seja ele para exportação ou de consumo interno. Entretanto pouco sabe-se sobre o árduo trabalho para executar a pavimentação asfáltica de nossas rodovias, que dominam o nosso território, e que infelizmente ainda não possuem a qualidade necessária de tráfego.

Por trás desta árdua missão de engrandecimento nacional existe o ser humano, as máquinas e a técnica. Sem o ser humano, a mão de obra propriamente dita, com sua genialidade e criatividade, nada prospera, em nenhum local ou área de estudo. As máquinas permitem que o ser humano trabalhe em ambientes hostis, com sua força bruta e operacionalidade. Mas para garantir o trabalho eficaz, ininterrupto e seguro, cada ser humano deve dominar as técnicas para cada máquina e para cada trabalho.

Nesta perspectiva de evolução, o presente trabalho apresenta um estudo realizado na rodovia federal BR-163/PA, atentando-se para a questão do uso de máquinas elétricas em ambientes hostis, em especial ambientes com a presença de material pulverulento, afim de verificar de que forma essas operações podem ser otimizadas e corroborando com o melhor uso do recurso público.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Obras de pavimentação asfáltica

O desenvolvimento brasileiro está diretamente ligado às obras de pavimentação asfáltica, tendo em vista que, segundo a BBC (2018), 58% do transporte no país é feito por rodovias no Brasil dando o escoamento de 75% produção nacional. Ainda mais que, conforme Benevides (2014), 80% de estradas não são asfaltadas, sendo que as estradas de jurisdição federal possuem a maior porcentagem de asfaltamento, chegan-

do a 54,2%, enquanto as estradas estaduais e municipais não chegam nem a 50% da totalidade. Tendo em conta o cenário atual, cada vez mais são realizadas as obras de pavimentação asfáltica para melhorar as condições das rodovias, seja construindo ou manutenindo as rodovias, conforme o DNIT (2020).

O ato de pavimentar uma via consiste em uma melhor operacionalidade de tráfego, conforto no deslocamento de veículos, maior segurança, responsabilidade e alívio ambiental, independente da melhoria física oferecida (BALSO, 2007).

2.1.1 Obra de pavimentação asfáltica em Itaituba-PA

A obra de pavimentação asfáltica em Itaituba-PA, mais precisamente na BR-163 no distrito de Moraes Almeida foi concluída, e segundo Oliveira (2019), em 27 de novembro de 2019, atingiu 100% de pavimentação asfáltica para o escoamento de carga e comércio para portos da Região Norte. O Governo Brasileiro (2020) afirma, também, que esta obra teve o início de sua segunda fase, colocando mais duas camadas de asfalto e realizando serviços complementares de drenagem, sinalização e recuperação ambiental.

2.2 Usina de Britagem

Um dos equipamentos utilizados nas obras de pavimentação asfáltica é a usina de britagem (Figura 1 e 2). Britar é um conjunto de operações que objetiva a fragmentação de blocos de rochas de uma pedreira, levando-as a granulometria adequada para utilização direta do processo. (Luz et al, 2018). Tal operação é executada nas obras de pavimentação asfáltica para obter a melhor qualidade de asfalto a ser utilizado na obra. A usina de britagem deve ser alimentada por energia elétrica, seja diretamente na rede da concessionária ou por máquinas elétricas, sendo este segundo, o caso em questão no presente trabalho.

Figura 1 - Usina de Britagem Vista Frontal.

Fonte: Autores (2020).

Figura 2 - Usina de Britagem Vista Lateral.

Fonte: Autores (2020).

2.3 Máquinas elétricas

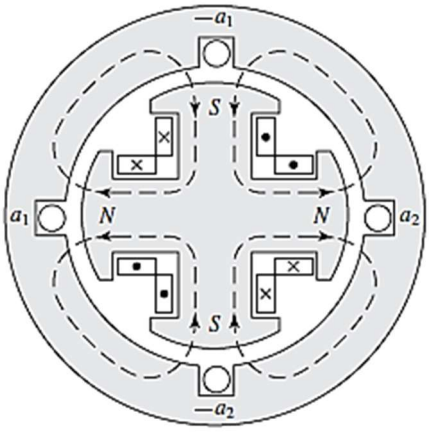
Para Chapman (2013), converter energia mecânica em elétrica como energia elétrica em mecânica, define o que é uma máquina elétrica. Sendo que, na primeira ocasião, são definidos como GERADORES e, na segunda, MOTORES. Ambos estão presentes no nosso dia-a-dia, como nas residências os motores estão acionando eletro-domésticos, enquanto na indústria, eles produzem a força motriz para a produção e,

claramente, a energia elétrica consumida por estes motores existe a dependência, total ou parcial, de um gerador elétrico.

2.3.1 Máquinas de corrente alternada síncronas e de indução

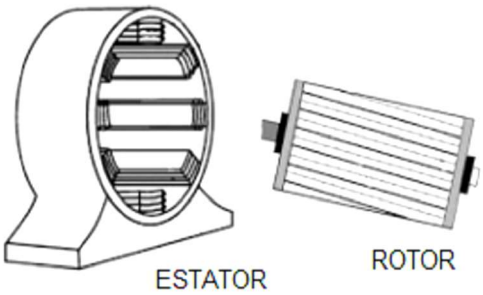
Os dois tipos mais tradicionais de máquinas por corrente alternada são a síncrona (Figura 3) e de indução (Figura 4). Nas máquinas síncronas as correntes do enrolamento do rotor são geradas diretamente na parte estacionária por rotações enquanto nas máquinas de indução as correntes são induzidas pela variação de corrente no tempo do rotor e do estator (UMANS, 2014). Em suma, em um gerador síncrono o campo magnético é produzido no rotor, e no motor de indução é gerado pela variação de corrente no tempo (CHAPMAN, 2013).

Figura 3 - Gerador síncrono.



Fonte: Chapman (2013).

Figura 4 - Gerador de indução.



Fonte: Webstarsnet (2020).

2.4 Utilização de máquinas elétricas

As máquinas elétricas são essenciais nos trabalhos diários, e em especial, nas obras de pavimentação asfáltica, os Grupo Motores Geradores (GMG), também conhecido como Grupos Geradores, ou simplesmente, Geradores Elétricos, são utilizados para a geração de energia necessária tanto para utilização doméstica (alojamentos,

bombas de sucção), quanto para funcionamento de equipamentos pesados como usinas de britagem. A NBR 8528-1 (ABNT, 2014, p.3) define: "grupo gerador consiste em um ou mais motores alternativos de combustão interna para produzir energia mecânica e um ou mais alternadores para converter a energia mecânica em energia elétrica".

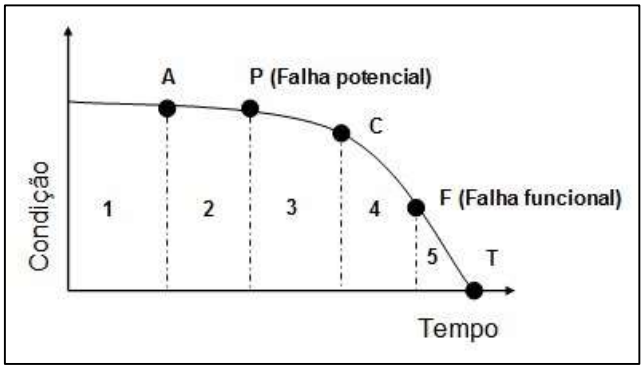
2.5 Definição, finalidade e vantagem do grupo gerador

O grupo gerador possui um motor e um alternador acoplados numa base conjunta com outros elementos para transformar energia térmica e mecânica em energia elétrica (GRUPEL, 2020). Sua finalidade, segundo a OnPower (2018), é fornecer energia, seja ela permanentemente ou temporariamente, por não haver disponibilidade de energia elétrica pela concessionária ou simplesmente pela necessidade ser maior que a demanda oferecida. Ainda, conforme a OnPower (2018), as vantagens se estendem desde o fato de possuir a energia elétrica quando e onde necessário for, e pela economia em horários de picos que pode chegar a 15%, sendo a opção mais viável para locais que não podem ocorrer oscilação, ou até mesmo a interrupção de fornecimento, parcial e/ou total, da energia elétrica.

2.6 Curva PF

Visando a manutenção dos equipamentos para sua produtividade, o recurso da Curva PF (Figura 5) é um indicador que mostra o desempenho ou condição de um recurso, ou componente, declina ao longo do tempo levando a falha funcional, ou seja, tem o objetivo de definir o intervalo de tempo entre a falha potencial e a funcional (TELES, 2019).

Figura 5 - Curva PF.



Fonte: Teles (2019).

2.7 Falha Potencial e Falha Funcional

No momento em que a falha nasce no equipamento, ela é considerada como Falha Potencial. Não sendo uma falha que compromete o funcionamento, mas diminui, pouco a pouco, sua performance (TELES, 2019). Alguns exemplos destas falhas são

quando os equipamentos emitem ruídos maiores que o normal, aumentam sua temperatura, vibração e, como já dito, uma queda de performance (produção).

Já a Falha Funcional incapacita o equipamento de funcionar, totalmente ou num nível de desempenho insatisfatório para produção (TELES, 2019). Podem ser originários por erros de projetos, fabricação, instalação ou até mesmo de operação. Exemplificando tal erro temos um curto circuito, a quebra de uma correia ou rolamento, queima de motores, entre outros.

2.8 Manutenção Corretiva

Considerada a manutenção mais ultrapassada e arcaica de todas, é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma falha, com escopo de recolocar um item em condições de executar uma função requerida, sendo também, a mais cara, por, no mínimo, sete vezes em comparação as demais manutenções (TELES, 2019).

É separada em Corretiva Não Planejada (Emergencial) e Corretiva Planejada. Segundo Kardec e Nascif (2009), ela ocorre em fato ocorrido e gera altos custos pois quebras inesperadas prejudicam a produção, qualidade e com chances de acarretar outros problemas.

2.8.1 Manutenção Corretiva Não Planejada (Emergencial)

Segundo Teles (2019), a Manutenção Emergencial gera altos custos para a empresa tanto pelo próprio fato do dano ao equipamento, isto é, por conta da Falha Funcional, quanto ao prejuízo a produção pelo tempo de manutenção que ele ficará parado. Além disso, uma Manutenção Corretiva Não Planejada pode estar associada a riscos de acidentes, problemas ambientais ou afetar diretamente a qualidade do produto.

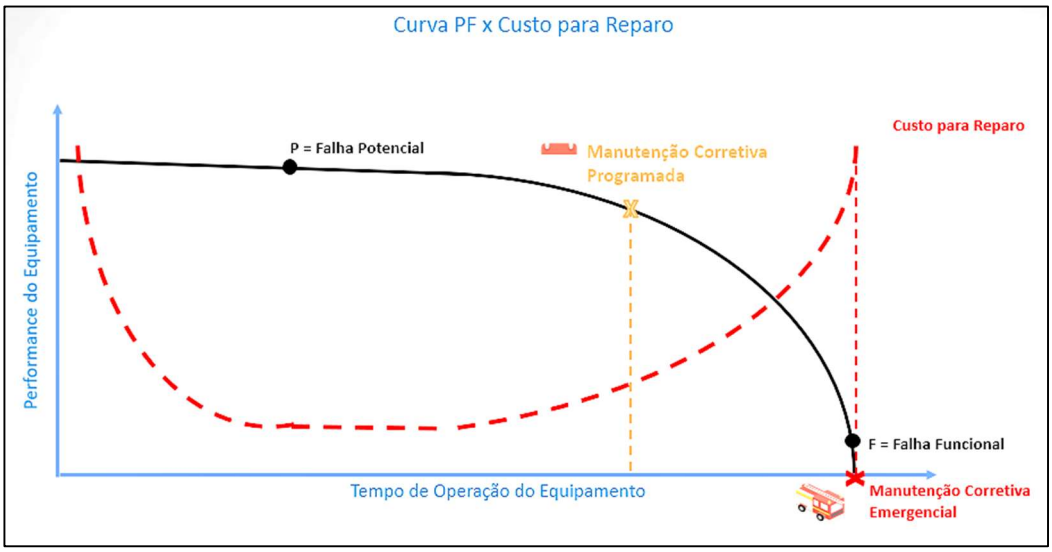
Uma empresa que possui alta demanda de Manutenção Corretiva Não Planejada, significa que são reféns de seus equipamentos, diminuindo o desempenho (KARDEC e NASCIF, 2009).

2.8.2 Manutenção Corretiva Planejada

A Manutenção Corretiva Planejada tem a finalidade de corrigir a Falha Potencial antes que ela vire uma Falha Funcional, levando em consideração que esta Falha Potencial não leve riscos de segurança ou problemas de qualidade. (TELES, 2019). Conforme Kardec e Nascif (2009), é uma decisão gerencial, que utiliza de meios observados para evitar um mal maior, e como é planejada, será de menor custo que a emergencial.

Teles (2019) ressalva ainda sobre o tempo e o custo são inversamente proporcionais ao planejamento de manutenção, conforme pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 - Curva PF x Custo Reparo.



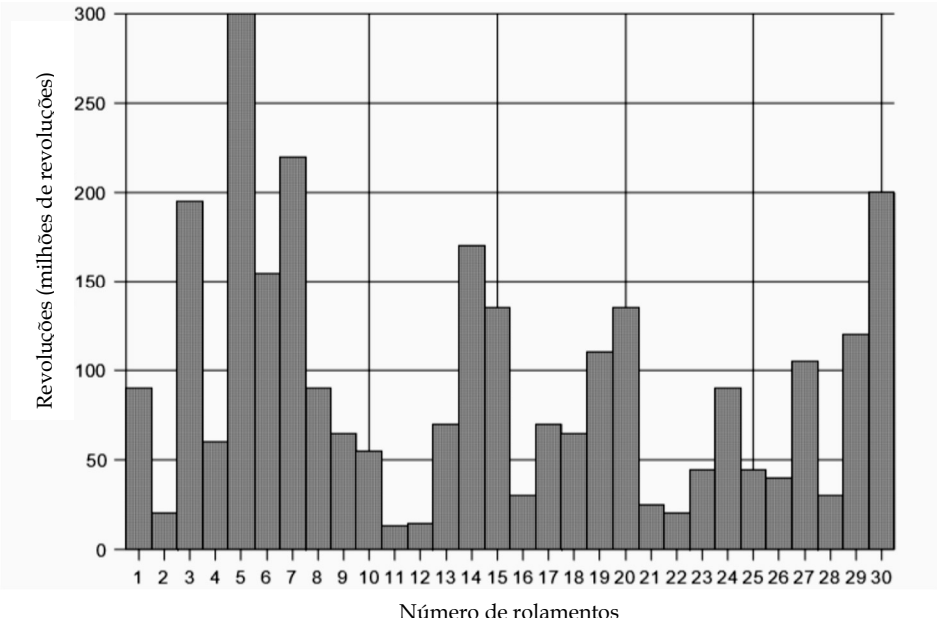
Fonte: Teles (2019).

2.9 Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é a aplicação do método de realizar manutenções em intervalos de tempos pré-definidos, como por exemplo quantidade de horas, tempo de utilização, quantidade de produção ou um misto de todos, ou dois, destes. A frequência de falha, as interrupções inesperadas diminuem e a disponibilidade aumenta. No geral, sai mais barata que uma manutenção corretiva (XENOS, 1998).

Apesar da Manutenção Preventiva ter um custo menor e, geralmente, ser uma opção melhor que a Manutenção Corretiva, existe seus contrapontos. O equipamento, normalmente, irá parar sua produção para realizar este tipo de manutenção, e além disso, Teles (2019) evidencia, por um experimento realizado pelo pesquisador *John Wiley*, onde colocou em prova 30 rolamentos com as mesmas especificações e parâmetros, executando o mesmo trabalho em mesmas condições, tendo o resultado como apresenta a Figura 7:

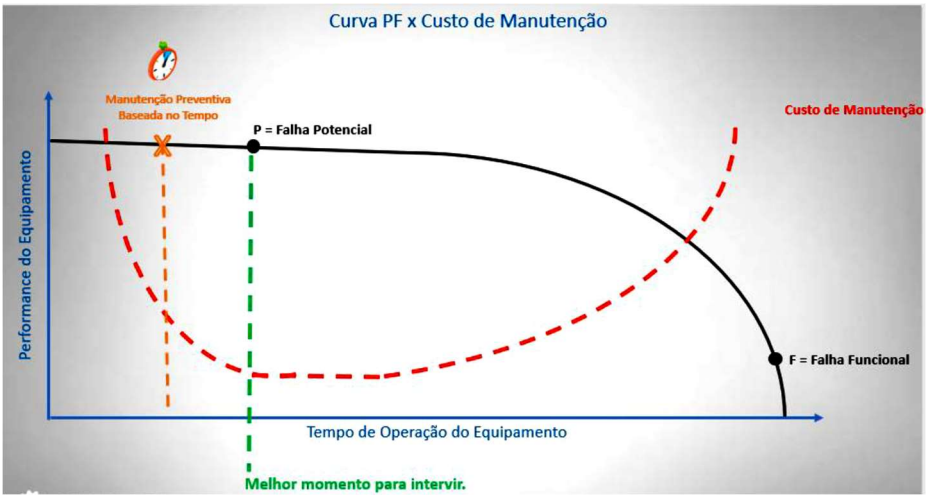
Figura 7 - Ensaio de rolamentos.



Fonte: Teles (2019).

Dá-se a verificar que, numa Manutenção Preventiva, existe uma grande possibilidade de trocar as peças bem antes dela danificar, tampouco a sua meia vida, ou até mesmo ser prevista após seu dano, ocasionando Falha Funcional. Tendo em vista isso, Teles (2019) afirma que o momento ideal para executar a manutenção é o mais próximo possível da Falha Potencial, como pode ser observado na Figura 8:

Figura 8 - Curva PF x Curva de Custo da Manutenção Preventiva.



Fonte: Teles (2019).

2.10 Manutenção Preditiva

Para alcançar o momento ideal para executar a manutenção, conforme dito anteriormente, deve ser usada uma forma estratégica, utilizando como base o estado do equipamento, tentando definir seu estado futuro, por meio de dados coletados ao longo do tempo, por instrumentação específica, verificando as variáveis do equipamento,

isto é o que define a Manutenção Preditiva (Teles, 2019). Kardec e Nascif esclarece que, diferente da Manutenção Preventiva, a Preditiva permite a operação contínua do equipamento por maior tempo possível, pois não é necessária sua pausa para executar as medições.

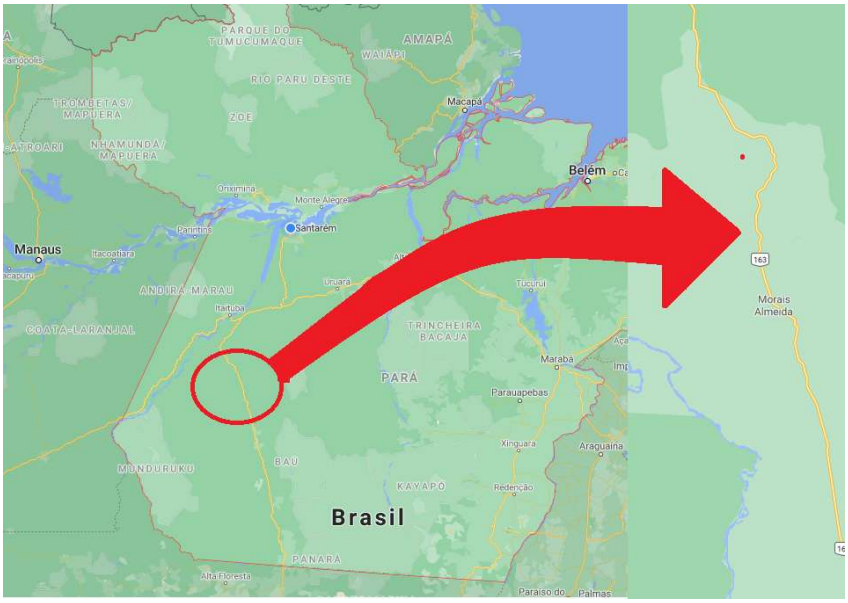
Estas medições vão desde a vibração, temperatura, análise físico-química de óleos, ultrassom, termografia entre outros, tudo isso a fim de indicar as condições reais do funcionamento da máquina com base nestas medições. Teles (2019) diz ainda que os principais princípios da Manutenção Preditiva são: determinar antecipadamente a necessidade de serviços de manutenção, eliminar desmontagens desnecessárias, aumentar o tempo de disponibilidade, grau de confiabilidade e reduzir danos aumentando a vida útil, tornando sua manutenção um investimento e não um custo.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

Foram realizados estudos dos equipamentos elétricos situados na BR-163/PA, aproximadamente, entre o KM 354,9 e KM 419,9 (Figura 9).

Figura 9 - Mapa da BR-163/PA - Moraes Almeida.



Fonte: Google Maps (2020).

3.2 Coleta e análise de informações

A coleta e análise de informações teve os seguintes parâmetros: marca, modelo, ano e chassi de cada equipamento que trabalha ou trabalhou alimentando a usina de britagem, além de, frequência de manutenção preventiva e corretiva de cada um. O levantamento primário das informações foi realizado por meio de pesquisa de campo, análise de documentos internos como ordens de serviço e verificação sumária de

filtros e óleos. Os geradores que foram objetos de estudo constam num sistema de controle online criado pela equipe de manutenção e planejamento do 8ºBEC, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Identificação dos geradores.

ORD	*EQP*	SIT.	Marca	Modelo/potência	ano	Nº SÉRIE
1	**GE-00215**	D	HEIMER	500KVA	2017	EAZQA309202-DOOSAN
2	**GE-00199**	D	GERAPOWER BRASIL	400KVA - CUMINS NTA855G1B GF3-500	2018	PW935639
3	**GE-00198**	D	GERAPOWER BRASIL	400KVA - CUMINS NTA855G1B GF3-500	2018	PW935219
4	**GE-00868**	I	PRAMAC	GSW400S	2018	PEB0001868

Fonte: 8ºBEC – acervo interno (2020).

Com os devidos geradores identificados, foi sintetizado a quantidade de ordens de serviço realizadas nos anos de 2019 e 2020, de cada gerador, conforme Quadro 2, a seguir.

Quadro 2 - Resumo de Ordens de Serviço.

ORD	*EQP*	TOTAL OS 2019 (PREVENTIVA)	TOTAL OS 2019 (CORRETIVA)	TOTAL OS 2020 (PREVENTIVA)	TOTAL OS 2020 (CORRETIVA)
1	**GE-00215**	3	1	6	3
2	**GE-00199**	3	2	7	8
3	**GE-00198**	3	4	10	5
4	**GE-00868**	14	3	7	2

Fonte: Autores (2020).

Também foi observado a localização física de instalação dos equipamentos, principalmente referente ao distanciamento à usina de britagem que é alimentada pelos GMG. Simultaneamente, neste contexto, foi realizado um levantamento sobre as normas regulamentadoras sobre tal distanciamento.

Além disso foi solicitado uma equipe de profissionais para uma análise mais profunda da situação de cada gerador. Estes verificaram as condições do motor, óleo,

filtros, funcionamento, placa de comando entre outras observações que foram realizadas, sintetizando tudo em relatório sumário expedido pela empresa, que foi de suma importância para verificação de causas e utilizado como base de informações para a realização de um novo método de manutenção preditiva, para otimizar a utilização dos geradores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Defeitos e Causas

Como evidenciado nas ordens de serviço executadas, as manutenções dos geradores não são realizadas da melhor maneira possível. Apesar de constantes manutenções preventivas, ainda ocorreram diversas falhas nos geradores, ocasionando manutenções corretivas e até mesmo a inutilização de alguns geradores que um dia fora empregado. Evidencia-se que, prevenir falhas através de acompanhamento, permitindo a sua operação contínua, como citado por Kardec e Nascif (2009) é de necessidade extrema e, além disso, uma mão de obra especializada para tal execução.

Porém, pontua-se que a manutenção executada nos geradores poderia ser mais efetiva se houvesse um maior distanciamento em relação a usina de britagem. Já que a usina de britagem é o principal efeito causador dos problemas nos geradores, pelo fato do material pulverulento resultante do processo de britagem ter uma granulometria baixíssima, danificando componentes eletrônicos e penetrando facilmente pelos filtros dos geradores, misturando-se até mesmo com o óleo, e modificando suas características.

Conforme Filho e Pires (2020) os defeitos apresentados nos grupos geradores resume-se a motores funcionando com deficiência, problemas nos módulos de injeção eletrônica e no módulo controlador, tendo como sugestões de melhorias mudança do local de instalação, nova programação dos módulos e troca de filtros e óleos.

No entanto, a distância entre os equipamentos não consta em nenhuma NBR referente a Geradores Elétricos como, por exemplo, a NBR ISO 8528 (Parte 1 a 13), ou constava na NBR Cancelada 14664. Evidencia-se portanto, a importância do estudo da instalação, utilização e manutenção dos equipamentos elétricos, para que, caso sejam utilizados em ambientes severos, tenham sua performance otimizada.

Segundo Filho e Pires (2020): "[...] é importante salientar que a localização atual dos motores dificulta seu pleno funcionamento devido ao grande acúmulo de poeira" ratificando a ideia supracitada, ilustrada pelas Figuras 10 e 11.

Figura 10 - Material Pulverulento em Grupo Gerador.

Fonte: Filho e Pires (2020).

Figura 11 - Placa Coberta de Poeira.

Fonte: Filho e Pires (2020).

4.2 Desenvolvimento de conjunto de método de manutenção preditiva

A partir dos resultados apresentados o presente trabalho propõe um novo método de manutenção preditiva para otimizar a produção dos geradores. Tal método configura-se em incluir: limpeza do motor uma vez por semana, para minimizar o acúmulo de material pulverulento em suas partes, análise de filtros e óleos quinzenalmente, para verificar se há a necessidade de troca, de ambos materiais e uma análise especializada a cada três meses, para verificar problemas específicos de cada GMG.

Além disso, mostra-se de grande relevância o acompanhamento termográfico e vibratório, a cada dois meses, ou por observância de mudança de funcionamento do gerador, para aproximar-se da manutenção em sua Falha Potencial, conforme recomendado na manutenção Preditiva de Teles (2019).

No tocante ao distanciamento do gerador e a usina de britagem, nada pôde ser feito de imediato, pois tal logística poderia causar danos colaterais no próprio gerador, que já não se encontrava em perfeitas condições e por conta das diretrizes definidas na etapa de projeto, tornou a mudança inviável. Porém, para futuras pavimentações o maior distanciamento dos equipamentos elétricos e a usina de britagem será observado.

A aplicação destes novos métodos darão origem a indicadores, que após o período de um ano, servirão como base para comparações e novos alinhamentos metodológicos a serem propostos em trabalhos posteriores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo dos equipamentos elétricos na Operação Xingu no Distrito de Moraes Almeida no município de Itaituiba-PA abre a oportunidade para complementar, examinar e buscar novos métodos que possam ser aplicados em instalações destes equipamentos, no que diz respeito a sua utilização próxima a qualquer outra máquina que possa interferir negativamente no desempenho destes. Atrelado a isso, todo equipamento deve seguir um planejamento rigoroso de manutenção preditiva.

A aplicação de tais metodologias poderão implicar na criação de novas normativas que padronizem a forma de aplicação dos dispositivo eletromecânicos, aumentando a durabilidade e produção. Implicando portanto, em diminuição de custos e aumento de conforto e segurança dos operadores nos empreendimentos de pavimentação e outros sob as mesmas condições.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8528-1: Grupos geradores de corrente alternada, acionados por motores alternativos de combustão interna. Parte 1: Aplicação, características e desempenho.** Rio de Janeiro, 2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14664: Grupos Geradores – Requisitos gerais para telecomunicações. CANCELADA.** Rio de Janeiro, 2001.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração.** São Paulo, Oficina de Textos. 2007.

BBC - BRITISH BROADCASTING CORPORATION. Por que o Brasil depende tanto do transporte rodoviário? 24 de setembro de 2018. Disponível em < https://g1.globo.com/economia/noticia/por-que-o-brasil-depende-tanto-do-transporte-rodoviario.ghtml> Acesso em: 15 set. 2020.

BENEVIDES, Carolina. No Brasil, 80% das estradas não são asfaltadas. 2014. Disponível em: < https://folhapolitica.jusbrasil.com.br/noticias/135832618/no-brasil-80-das-estradas-nao-sao-asfaltadas#:~:text=Pelos%20quase%201%2C7%20milh%C3%A3o,de%20km%20%2D%20n%C3%A3o%20s%C3%A3o%20pavimentadas> Acesso em: 15 set. 2020.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de máquinas elétricas.** Porto Alegre, AMGH Editora Ltda, 5º edição. 2013.

DNIT – Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes. Governo federal avança com obras nas rodovias de todo o País. 2020. Disponível em: < https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2020/05/governo-federal-avanca-com--obras-nas-rodovias-de-todo-o-pais> Acesso em: 15 set. 2020.

FILHO, José Geraldo; PIRES, Elton Rafael Ribeiro. **Relatório de Manutenção em Motores Geradores.** Manaus, Acervo Interno do 8ºBEC. 2020.

GRUPEL, Energy Everywhere. O que é um grupo gerador? 2020. Disponível em: < https://grupel.eu/grupel/grupo-gerador>. Acesso em: 23 set. 2020.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica.** Rio de Janeiro. Editora Qualitymark. 2009.

LUZ, Adão Benvindo da; FRANÇA, Silvia Cristina Alves; BRAGA, Paulo Fernando Almeida Braga. **Tratamento de minérios**. Rio de Janeiro. CETEM. 6ª edição. 2018.

Ministério da Defesa. BR-163: Exército inicia segunda fase da obra. Governo do Brasil. 27 de fevereiro de 2020. Disponível em < https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2020/02/br-163-exercito-inicia-segunda-fase-da-obra > Acesso em: 23 set. 2020.

OLIVEIRA, Pedro Ivo. Governo conclui obras de pavimentação da BR-163, no Pará. Agência Brasil. Brasília. 28 de novembro de 2019. Disponível em: < https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-11/governo-conclui-obras-de-pavimentacao--da-br-163-no-para>. Acesso em: 15 set. 2020.

ONPOWER, Grupos Geradores. Tudo o que você precisa saber sobre grupos geradores de energia. 10 de novembro de 2018. Disponível em: https://onpower.ind.br/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-grupos-geradores-de-energia/ . Acesso em: 23 set. 2020.

TELES, Jhonata. **Planejamento e Controla da Manutenção. Uma Metodologia Passo A Passo Para Implantação do PCM.** Brasília. Engeteles Editora. 2ª Edição. 2019.

UMANS, Stephen D. **Máquinas Elétricas.** Porto Alegre, AMGH Editora Ltda, 7º edição. 2014.

CAPÍTULO 10

COMPORTAMENTO DO DIELÉTRICO DE UM DISJUNTOR DE 145 KV SUBMETIDO A UM POTENCIAL ELÉTRICO EM SANTARÉM-PA, BRASIL

DIELECTRIC BEHAVIOR OF A 145 KV BREAKER SUBMITTED TO AN ELECTRIC POTENTIAL IN SANTARÉM-PA, BRAZIL

Marinaldo Pantoja da Silva[1]
Márlison Santos de Sá[2]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.10

1 Centro Universitário da Amazônia. https://orcid.org/0000-0002-5586-4696. mpantojapastm@gmail.com
2 Centro Universitário da Amazônia. https://orcid.org/0000-0001-7470-2636. 270102987@prof.unama.br

RESUMO

Em subestações de fornecimento de energia elétrica as falhas em equipamentos desenvolvidos a partir de materiais dielétricos trazem consequências tangíveis e intangíveis. Desde a remuneração de acionistas, multas milionárias, descontinuidade do fornecimento de energia elétrica, risco de morte e a insatisfação da população, os prejuízos são enormes. Dessa forma, manutenções e ensaios preventivos são essenciais. Nesta perspectiva, o presente trabalho realizou um estudo com objetivo de analisar ensaios realizados em resistência de isolamento de disjuntores de alta tensão, baseados no agente isolante hexafluoreto de enxofre (SF_6), na subestação Santarém, em Santarém-Pará, Brasil. Para tal foi aplicado o método de corrente contínua através de um megômetro. Os resultados apontaram conformidade entre os valores medidos e os valores fornecidos pelo fabricante.

Palavras-chave: Disjuntores de alta tensão. Hexafluoreto. Ensaios Preventivos.

ABSTRACT

In electricity supply substations, failures in equipment developed from dielectric materials have tangible and intangible consequences. From the shareholder remuneration, millionaire fines, discontinuity in the supply of electricity, risk of death and the dissatisfaction of the population, the losses are enormous. Thus, maintenance and preventive tests are essential. In this perspective, the present work carried out a study with the objective of analyzing tests carried out on insulation resistance of high voltage circuit breakers, based on the sulfur hexafluoride insulating agent (SF_6), at the Santarém substation, in Santarém-Pará, Brazil. For this, the method of direct current through a megometer was applied. The results showed compliance between the measured values and the values provided by the manufacturer.

Keywords: High voltage circuit breakers. Hexafluoride. Preventive Tests.

1 INTRODUÇÃO

Entender a variação do comportamento dos materiais dielétricos dos isoladores é fundamental para determinar as condições operativas dos equipamentos elétricos usados nas indústrias e concessionárias de energia elétrica no Brasil.

A avaliação do sistema isolante consiste em uma das principais ferramentas para determinar a condição operacional, quanto a suportabilidade, frente a níveis de tensão ao qual foram projetados, surtos de tensão oriundos de chaveamento e descargas atmosféricas etc.

A falha nos dispositivos dielétricos acarreta em prejuízos enormes, como por exemplo: afeta a remuneração de acionistas, ocasiona multas milionárias, causa descontinuidade do fornecimento de energia elétrica, cria riscos de mortes e gera a insatisfação da população.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar os ensaios elétricos de resistência de isolamento de um disjuntor de alta tensão de fabricação GE (*General Eletric*), que se baseia no agente isolante hexafluoreto de enxofre (SF_6), na subestação Santarém, em Santarém-Pará, Brasil.

Destaca-se que, a manutenção correta desses dispositivos possibilita retirar com antecipação dispositivos com falhas afim de evitar danos maiores

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Propriedades dos materiais isolantes.

Os materiais elétricos isolantes se caracterizam por apresentarem oposição significativa a passagem de corrente elétrica, são classificados de acordo com algumas características, tais como: condutibilidade, no caso dos materiais isolantes têm um número muito reduzido de elétrons livres, portanto possuem baixa condutividade. A rigidez dielétrica está relacionada a suportabilidade do material ao campo elétrico (Schmidt, 2019).

Segundo a NBR-60085, material isolante é um sólido com baixa condutividade elétrica.

Dielétricos ou materiais isolantes se caracterizam por oferecerem uma considerável resistência à passagem da corrente elétrica, comparativamente ao valor intrínseco correspondente dos materiais condutores (Schmidt, 2019).

Os materiais isolantes possuem componentes que tem moléculas, cujo os átomos têm afinidade polar, ou seja, uma parte tem carga positiva e a outra negativa, por influência de um campo elétrico, as moléculas polares se organizam, de forma que começa a haver concentração de carga (Milasch, 1983).

Quando um campo elétrico é aplicado a um material isolante as cargas são ligeiramente deslocadas e os elétrons são movidos para posições diferentes das suas posições de equilíbrio, ocorrendo o que se denomina de polarização dielétrica do material (Schmidt, 2019).

A resistência de isolamento é a propriedade de um dielétrico de se opor a passagem de corrente elétrica; cada material isolante tem suportabilidade diferente, quando

são submetidos a tensões em diferentes níveis e dependem de suas características dielétricas, se alteram com a temperatura, umidade e sujeira.

A temperatura, juntamente com a oxidação e umidade, são os principais fatores que aceleram o envelhecimento dos materiais isolantes elétricos. A partir desse conhecimento, foram definidas classes térmicas básicas reconhecidas internacionalmente (ABNT NBR IEC 60216-3:2017). A classe térmica representa a temperatura máxima (em °C) para o qual o material isolante elétrico é apropriado, conforme o quadro 1.

Quadro 1 - Classificação térmica dos materiais em relação a temperatura.

Classe	Designação da classe	Alguns materiais representativos da classe
90 °C	Y (O)	algodão, seda e papelão não impregnado, (fibras de celulose e derivados)
105 °C	A	algodão, seda e papel impregnados ou revestidos ou quando imersos em líquido isolante.
120 °C	E	Laminados de celulose e resinas
130 °C	B	mica, fibra de vidro e asbestos, com substâncias aglutinantes adequadas às elevações de temperaturas correspondentes.
155 °C	F	mica, fibra de vidro e asbestos, com substancias aglutinantes adequadas às elevações de temperaturas correspondentes.
180 °C	H	elastômeros de silicatos, mica, fibra de vidro e asbestos, com substancias aglutinantes adequadas às elevações de temperaturas
Acima de 180 °C	C	materiais formados inteiramente por mica, porcelana, vidro, quartzo e materiais orgânicos semelhantes.

Fonte: Martignoni (1971).

A rigidez dielétrica, é uma das propriedades dos materiais dielétricos, que indica a suportabilidade máxima que um material isolante suporta sem que ocorra a ruptura dielétrica, onde ele deixa de ser isolante. No quadro 2 estão classificados alguns materiais.

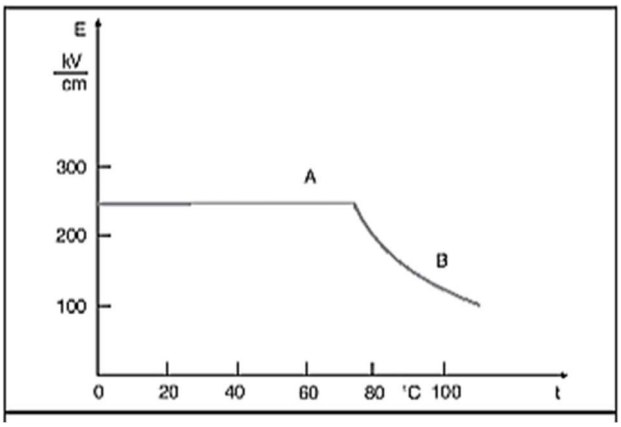
Quadro 2 - Classificação da Rigidez dielétrica dos materiais sob a temperatura de 20°C.

Material	Rigidez dielétrica em campo homogêneo (kV/cm) f = 60 Hz	Particularidades
Vidro	1000 – 3000	Material isolante de elevado peso específico e homogêneo, bem como laminado, quando o campo é dirigido perpendicularmente às camadas laminadas.
Sal	1000 – 1500	
Papel impregnado	1000 – 3000	
Mica	2000 – 3000	
Polistirol, triacetato de celulose (em filme)	900 – 1200	
Cerâmica	100 – 300	Isolantes de estrutura heterogênea, poros fechados ou canais capilares interligados
Resina slatética (fenólica etc.)	100 – 150	
Composto de mica	100 – 150	
Mármore	40 – 50	Isolantes porosos, com poros abertos
Madeira	40 – 60	
Papel sem impregnação	70 – 100	
Cerâmica térmica	15 – 25	

Fonte: Schmidt (2019).

Segundo, Schmidt (2019) a ruptura do dielétrico, está relacionado também com a temperatura, conforme mostra a figura 1.

Figura 1 - Influência da temperatura sobre a rigidez dielétrica de um isolador de porcelana submetido a uma tensão alternada de frequência de 60Hz.
A – Ruptura elétrica e B – Ruptura Térmica.

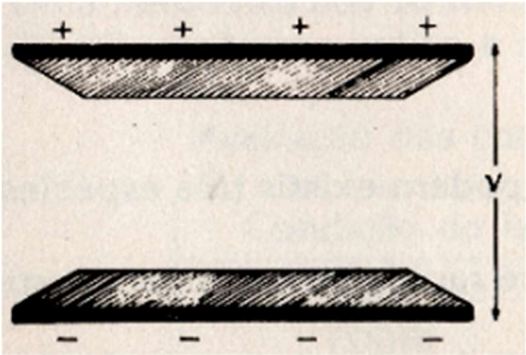


Fonte: Schmidt (2019).

A umidade é uma das causas mais presentes na contaminação do dielétrico com água, havendo uma dissociação de íons, que se deslocam em direção ao campo elétrico. Este fenômeno é conhecido como absorção dielétrica.

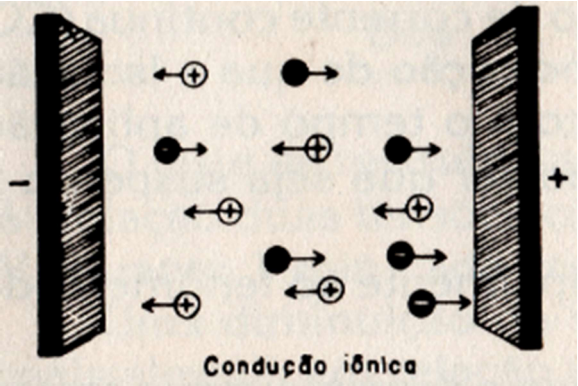
A figura 2 mostra a representação de um isolante sólido sem a presença de um campo elétrico, ou seja, em estado neutro; já a figura 3 faz a representação de quando o dielétrico fica submetido a um campo elétrico e na figura 4, o efeito de surgimento de polarização.

Figura 2 - Dielétrico sólido sem a presença do campo elétrico.



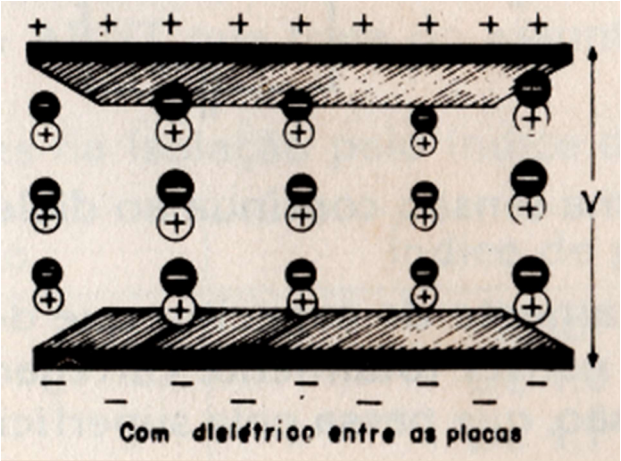
Fonte: Milasch (1984).

Figura 3 - Dielétrico sólido na presença do campo elétrico.



Fonte: Milasch (1984).

Figura 4 - Dielétrico sólido com suas moléculas polarizadas.



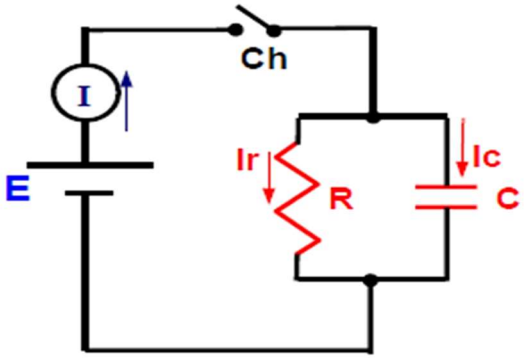
Fonte: Milasch (1984).

As cargas elétricas se deslocam – se sob forma de corrente elétrica, através das diferentes substâncias mais sub aspectos diversos. Isso é chamado de corrente de polarização (Schmidt, 2019).

A corrente de polarização é a corrente responsável pela polarização do dielétrico, também é chamada de corrente de absorção dielétrica, é responsável pela energia de polarização do dielétrico, essa corrente cresce lentamente, alcançando o valor de estabilização em 10 minutos é ela que servirá de parâmetro para indicação da resistência de isolamento.

Segundo Filho (1981) a corrente elétrica capacitiva (IC) aparece assim que o dielétrico é submetido a uma diferença de potencial (DDP). Isso ocorre porque a carga capacitiva é carregada nesse instante, no tempo de aproximadamente 15 segundos; os dielétricos se comportam como um capacitor, conforme a figura 5.

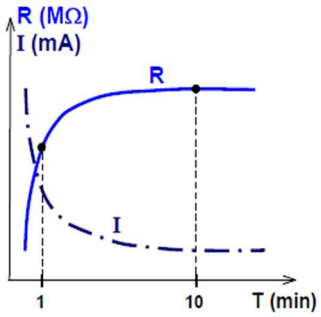
Figura 5 - Representação de um dielétrico.



Fonte: LACTEC/DEPEL/UTAT (2003).

Na prática o ensaio consiste em aplicar uma tensão em corrente contínua que varia de 0,5 a 10 KV, de acordo com a classe tensão do isolante. De início a corrente de polarização é alta e consequentemente a resistência de isolamento é baixa, porém com o passar do tempo esses valores se invertem. Segundo Filho (1981), no momento que o espécime é energizado, ocorre o aparecimento de uma corrente total e elas se dividem em duas outras: a corrente de absorção e polarização, conforme a figura 6.

Figura 6 - Comportamento da resistência e a corrente em relação ao tempo.



Fonte: LACTEC/DEPEL/UTAT (2003).

Os valores mínimos aceitáveis para resistência de isolamento, tem mais de uma filosofia; primeira é tomar como referência os ensaios de fábrica e na falta desse histórico, pode se tomar como base um mega ohms por KV (1MΩ/KV), que estão de acordo com as normas ABNT-NBR 108 de 1977 – ABNT-NBR 7036 de 1990.

De acordo com Filho (1981), os valores medidos de resistência de isolamento, devem ser corrigidos utilizando os dados apresentados no quadro (3), tomando como base a temperatura de 20°C.

Quadro 3 - Fator da resistência de isolamento em função da temperatura.

Temperatura (°C)	Fator de Correção	Temperatura (°C)	Fator de Correção	Temperatura (°C)	Fator de Correção
0	0,250	27	1,61	54	10,90
1	0,268	28	1,73	55	11,20
2	0,287	29	1,85	56	12,00
3	0,306	30	1,98	57	12,97
4	0,331	31	2,12	58	13,79
5	0,354	32	2,27	59	14,78
6	0,380	33	2,43	60	15,85
7	0,407	34	2,61	61	16,98
8	0,436	35	2,80	62	18,20
9	0,460	36	3,00	63	19,50
10	0,50	37	3,21	64	20,90
11	0,54	38	3,44	65	22,40
12	0,57	39	3,69	66	24,00
13	0,62	40	3,95	67	25,75
14	0,66	41	4,23	68	27,61
15	0,71	42	4,54	69	29.61
16	0,76	43	4,87	70	31,75
17	0,81	44	5,22	71	34,35
18	0,87	45	5,60	72	36,85
19	0,93	46	5,99	73	39,40
20	1,00	47	6,41	74	42,28
21	1,07	48	6,86	75	44,70
22	1,14	49	7,34	76	48,73
23	1,23	50	7,85	77	52,20
24	1,31	51	8,65	78	56,00
25	1,40	52	9,34	79	59,60
26	1,51	53	10,10	80	63,75

Fonte: Adaptado de FILHO (1981).

3 METODOLOGIA

Foram realizados ensaios elétricos em um disjuntor de 145 KV (Figura 6) em particular, que estava sendo montado na subestação de energia elétrica de Santarém (Figura 7), o qual posteriormente seria posto em operação pela primeira vez.

Figura 6 - Disjuntor de fabricação GE, 145 KV.

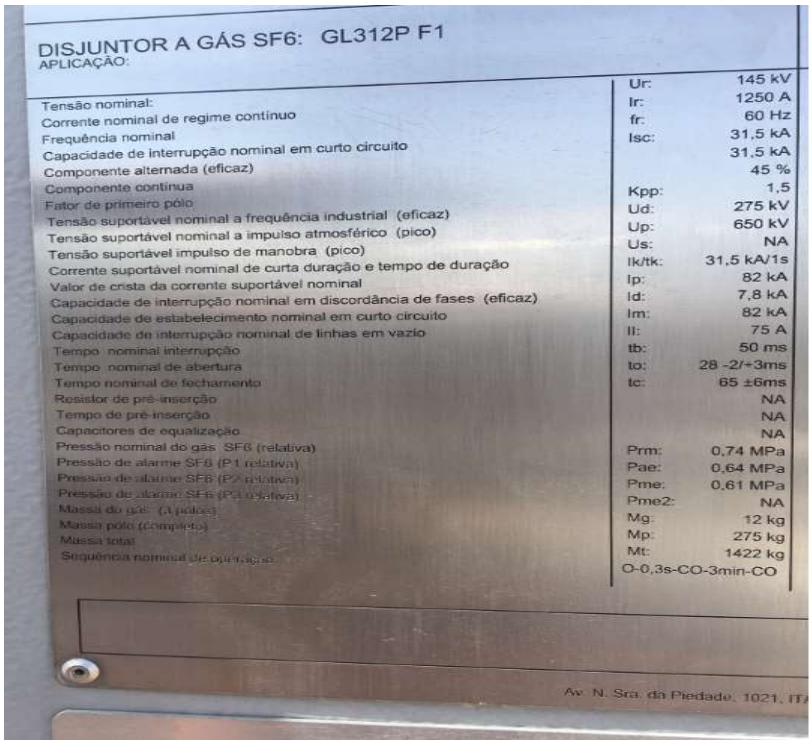
Fonte: Autores (2021).

Figura 7 - Localização da subestação Santarém.

Fonte: Google (2021).

As características do disjuntor podem ser observadas na figura 8, que apresenta a placa do disjuntor.

Figura 8 - Dados de placa do disjuntor.



Fonte: Autores (2021).

Para realização das medições fez-se o uso de um megômetro (Figura 9), onde primeiramente foram adotados todos os procedimentos de segurança, conforme a NR-10, NR-35 e procedimentos internos da concessionária.

Figura 9 - Megômetro digital de 5 KV.

Fonte: Megabras (2021).

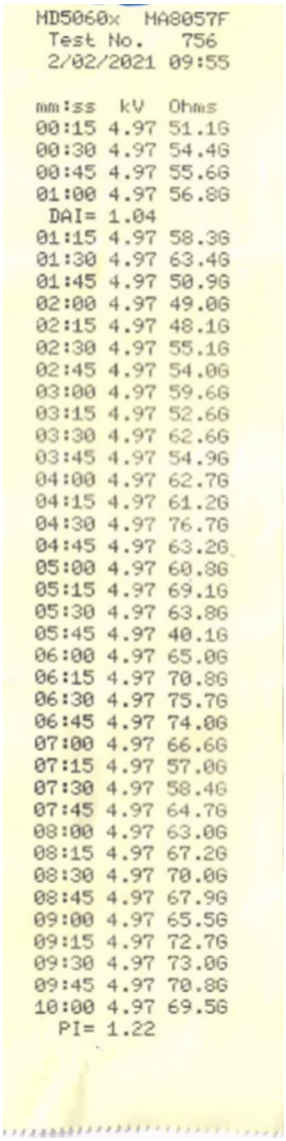
Por conseguinte, foi realizado tratamento de dados obtidos a partir da tabulação em Software Microsoft Office Excel 2016. E por fim, foi realizado a análise e sistemati-

zação dos dados coletados; o estudo ocorreu no período de 04 de janeiro de 2021 a 26 de abril de 2021.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos procedimentos metodológicos adotados anteriormente, obtiveram-se os resultados apresentados nas figuras 10 e 11.

Figura 10 - Dados impressos fornecidos pelo equipamento para resistência de isolamento.



MD5060x MA8057F
Test No. 756
2/02/2021 09:55

mm:ss	kV	Ohms
00:15	4.97	51.1G
00:30	4.97	54.4G
00:45	4.97	55.6G
01:00	4.97	56.8G
DAI=	1.04	
01:15	4.97	58.3G
01:30	4.97	63.4G
01:45	4.97	50.9G
02:00	4.97	49.0G
02:15	4.97	48.1G
02:30	4.97	55.1G
02:45	4.97	54.0G
03:00	4.97	59.6G
03:15	4.97	52.6G
03:30	4.97	62.6G
03:45	4.97	54.9G
04:00	4.97	62.7G
04:15	4.97	61.2G
04:30	4.97	76.7G
04:45	4.97	63.2G
05:00	4.97	60.8G
05:15	4.97	69.1G
05:30	4.97	63.8G
05:45	4.97	40.1G
06:00	4.97	65.0G
06:15	4.97	70.8G
06:30	4.97	75.7G
06:45	4.97	74.0G
07:00	4.97	66.6G
07:15	4.97	57.0G
07:30	4.97	58.4G
07:45	4.97	64.7G
08:00	4.97	63.0G
08:15	4.97	67.2G
08:30	4.97	70.0G
08:45	4.97	67.9G
09:00	4.97	65.5G
09:15	4.97	72.7G
09:30	4.97	73.0G
09:45	4.97	70.8G
10:00	4.97	69.5G
PI=	1.22	

Fonte: Autores (2021).

Figura 11 - Resistência de isolamento.

Fonte: Autores (2021).

A figura 10 apresenta os dados impressos de resistência de isolamento fornecidos pelo equipamento de medição e a figura 11 apresenta estes resultados graficamente.

Os resultados estão de acordo com o que propôs Milasch (1984). A isolação encontra-se em boas condições, quando os valores aumentam progressivamente, levando em conta o índice de polarização, que no caso específico do disjuntor estudado, ficou em 1,22, conforme visto na figura 9.

Conforme Milasch (1984), o cálculo do índice de polarização é realizado dividindo o valor da resistência de isolamento entre 10 minutos e 1 minuto.

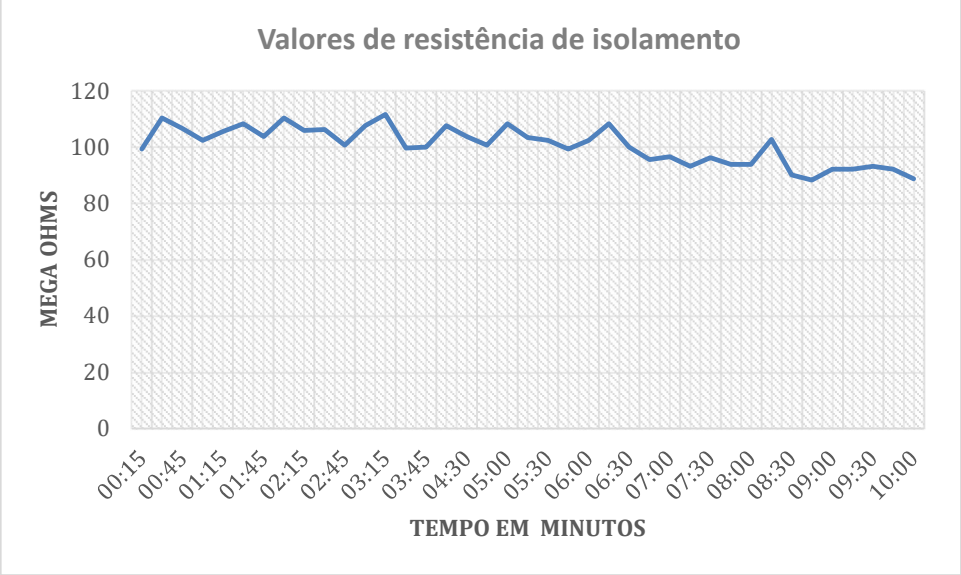
Observando a norma específica e o quadro de avaliação das condições do dielétrico (Quadro 4), realizou-se a correção de valores para 20°C, considerando a temperatura de ensaio de 37,5°C, resultando no que é apresentado na figura 12.

Quadro 4 - Avaliação das condições da isolação pelo índice de polarização.

Condição da isolação	índice de polarização
Perigosa	Menor que 1,0
Pobre	De 1,0 a 1,1
Questionável	De 1,1 a 1,25
Satisfatório	De 1,25 a 2,0
Boa	Acima de 2,0

Fonte: Milasch (1984).

Figura 12 - Resistência de isolamento corrigido para 20°C.



Fonte: Autores (2021).

Comparando os resultados obtidos nas medições com os dados fornecidos pelo *data-sheet* do disjuntor fornecido pelo fabricante verificou-se que havia conformidade.

Neste caso o equipamento foi autorizado para ser posto em operação. Em situações onde os valores observados nas manutenções preventivas diferem dos valores de referência do equipamento, o mesmo precisa ser desativado com a máxima urgência, para realização de manutenção corretiva ou até a substituição do mesmo, visando evitar os prejuízos já evitados anteriormente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que os valores medidos de resistência dos isoladores, foram consonantes com os valores de referência. Entretanto, observa-se que para efeito de segurança do sistema, o ensaio de resistência de isolamento em corrente contínua, precisa de medições de outras variáveis para que o diagnóstico seja conclusivo sobre as condições desses dispositivos, como por exemplo a medição das perdas dielétricas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas publicadas. Disponível em: < https://tinyurl.com/tyr4p4vf >. Acesso em: 10 fevereiro 2021.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5410. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: < https://tinyurl.com/au4wm6tf>. Acesso em: 10 fevereiro 2021.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6937 – Técnicas de ensaios em equipamentos elétricos de alta tensão - 2016. Disponível em: < https://tinyurl.com/2dcczypf>. Acesso em: 10 fevereiro 2021.

ABRATE, **Associação Brasileira das empresas de transmissão de energia elétrica**. INOVA_FimVidaUtil.pdf**.** Disponível em: <https://abrate.org.br/>. Acesso em: 02 de março 2021.

FILHO, Solon Medeiros. **Fundamentos de medidas elétricas.** Rio de Janeiro 1981.

GOOGLE MAPS. Informações Cartográficas. Disponível em: < https://tinyurl.com/3vu67due>. Acesso em: 03 de abril 2021.

MARTIGNONI, Alfonso. **Teoria de transformadores.** Porto Alegre 1971.

MEGABRAS. Megômetro. Disponível em: < https://tinyurl.com/at9hp9ez>. Acesso em: 07 de abril 2021.

MILASCH, Milan. **Manutenção de transformadores em líquido.** São Paulo 1984.

NBR.IEC 60085**:** Isolação Elétrica – **Avaliação e designação térmica**. Rio de Janeiro, 09/2017.

NBR.IEC 60216-5**: Materiais isolantes Elétricos – Propriedades de durabilidade térmica.** Rio de Janeiro, 09/2017.

ONS, **Operador nacional do sistema**. Revisão Normativa**.** Disponível em: <

https://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 03 de abril 2021.

OLIVEIRA, José Carlos. **Teorias e ensaios elétricos**. 10ª Ed. São Paulo. 2015.

ROLIN, Jacqueline, Giselé. Materiais elétricos. Disponível em: < https://tinyurl.com/w8vmxevc>. Acesso em: 10 março 2021.

SCHMIDT, Walfredo. **Materiais elétricos – Isolantes e Magnéticos**. 4ª Ed. São Paulo. 2019.

CAPÍTULO 11

TÉCNICAS PREVENTIVAS E DE RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO- UM LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

PREVENTIVE TECHNIQUES AND RECOVERY OF CONCRETE STRUCTURES - A BIBLIOGRAPHIC SURVEY

Amadeu da Silva Cunha Júnior[1]
Ricardo Vitor Pereira da Rocha[2]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.11

1 Centro Universitário da Amazônia- UNAMA. https://orcid.org/0000-0002-7112-5228. a.junior_stm@outlook.com
2 Centro Universitário da Amazônia- UNAMA. https://orcid.org/0000-0002-0195-5314. engcivil.ricardorocha@gmail.com

RESUMO

Trata-se das técnicas preventivas e de recuperação de estruturas de concreto no contexto contemporâneo. O problema de pesquisa para o qual a mesma buscou uma resposta refere-se: Quais as principais técnicas existentes de recuperação e reforço de estruturas de concreto armado? A hipótese elaborada para responder preliminarmente ao problema de pesquisa consistiu em: Se por meio da análise da origem das patologias é possível obter o reestabelecimento das condições originais das estruturas danificadas (recuperação) ou promover adequações da capacidade resistente das estruturas em função do uso (reforço). Tem-se como objetivo geral descrever sobre as técnicas preventivas e de recuperação de estruturas de concreto. Tratou-se de uma revisão da literatura, com a abordagem qualitativa, com materiais disponibilizados nos portais acadêmicos, a coleta dos dados ocorreu no decorrer do primeiro quadrimestre do ano letivo de 2021. Os resultados encontrados indicam que o material de construção principalmente concreto armado está sendo usado extensivamente para vários tipos de projetos de construção. Concluiu-se que além de exigir manutenção regular, muitas estruturas exigem Reparação, Reabilitação e Reforma durante um período de tempo, à medida que essas estruturas se tornam mais antigas, passam por certa degradação ou deterioração com resultante sofrimento manifestado sob a forma de rachaduras, corrosão etc. Tais estruturas deterioradas podem ser reabilitadas e reformadas usando vários tipos de aditivos e materiais de reparo modernos.

Palavras-chave: Patologia. Concreto. Recuperação. Técnicas preventivas.

ABSTRACT

These are preventive and recovery techniques for concrete structures in the contemporary context. The research problem for which it sought an answer refers to: What are the main existing techniques for the recovery and reinforcement of reinforced concrete structures? The hypothesis elaborated to respond preliminarily to the research problem consisted of: If through the analysis of the origin of the pathologies it is possible to obtain the restoration of the original conditions of the damaged structures (recovery) or to promote adaptations of the resistant capacity of the structures according to the use (reinforcement). The general objective is to describe preventive and recovery techniques for concrete structures. It was a literature review, with a qualitative approach, with materials made available in academic portals, data collection occurred during the first four 5months of the academic year 2021. The results found indicate that the mainly reinforced concrete construction material is being used extensively for various types of construction projects. It was concluded that in addition to requiring regular maintenance, many structures require Repair, Rehabilitation and Re-

novation over a period of time, as these structures become older, they undergo some degradation or deterioration with resulting suffering manifested in the form of cracks, corrosion etc. Such deteriorated structures can be rehabilitated and renovated using various types of additives and modern repair materials.

Keywords: Pathology. Concrete. Recovery. Preventive techniques.

1 INTRODUÇÃO

Existem estruturas saudáveis e estruturas que apresentam patologias. Bhattacharjee (2016) discorre que as patológicas podem ser descritas como aquelas que tiveram problemas em um dos estágios de seu desenvolvimento (neste caso, design, implementação, manutenção e reparos). Os problemas também podem ser causados pelo uso de materiais defeituosos ou impróprios. O rápido crescimento do setor de construção no país, o desenvolvimento de novas técnicas de construção, a falta de padrões técnicos específicos e falhas não intencionais de casos de negligência podem por vezes serem observados em estruturas de concreto armado gerando desempenhos abaixo da expectativa para o projeto de proposta inicial. Esse conjunto de fatores gera um fenômeno chamado "deterioração estrutural". Entre as causas de deterioração estão o envelhecimento "natural" da estrutura, acidentes, erros de projeto, falhas na fase de construção, entre outros.

De acordo com Holanda (2015) as questões de danos do concreto armado podem ser divididas em dano de concreto e dano de reforço. O artigo fornece alguns dos efeitos agressivos que podem ter impacto sobre as fundações de concreto armado, e que podem ser causadas pelo solo, águas subterrâneas ou atmosfera. Os danos do concreto armado usado para a construção de fundações de concreto armado são diretamente relacionados com a exposição do solo à humidade, isto é, água. As propriedades dos componentes usados para projetar a mistura de concreto, e assim as propriedades do concreto endurecido afetam a durabilidade do concreto armado e fundações em tal ambiente. Desde as fundações são difíceis de acessar após a construção, é necessário levar em consideração todos os possíveis impactos nocivos ao concreto e reforço das fundações, ao projetar misturas de concreto.

Nessa premissa, Bhattacharjee (2015) salienta que as fundações são de difícil acesso e reparo após a construção da estrutura e, por isso, é um procedimento extremamente caro e tecnicamente exigente. Por essa razão, é necessário evitar tais intervenções através do desenho e construção adequada das fundações. Existem várias maneiras de evitar danos nas fundações de concreto armado, existem alguns dos métodos de proteção das fundações de concreto armado contra o impacto agressivo do

ambiente. Eles são divididos em: proteção de fundações de concreto reforçado a partir do físico, impactos biológicos e químicos.

O referido estudo se insere na área do conhecimento de estruturas e fundações. Em relação ao interesse pelo mesmo surgiu em detrimento da crescente preocupação nacional/internacional sobre a deterioração de edifícios/estruturas, particularmente estruturas de concreto. Ao que se refere o contexto da pesquisa, este pode ser descrito como contemporâneo, assim a razão para focar em técnicas preventivas e de recuperação de estruturas de concreto emergiu pelo fato de que o desenvolvimento sustentável se tornou o desafio para a humanidade, particularmente com o rápido crescimento urbanização.

O problema de pesquisa para o qual a mesma buscou uma resposta refere-se: Quais as principais técnicas existentes de recuperação e reforço de estruturas de concreto armado? Tem-se como objetivo geral descrever sobre as técnicas preventivas e de recuperação de estruturas de concreto, quanto aos objetivos específicos buscou-se indicar técnicas de inspeção e diagnóstico em estruturas de concreto; identificar as possíveis causas patológicas de deterioração de estruturas de concreto; mencionar técnicas de monitoramento e manutenção preventiva.

A hipótese elaborada para responder preliminarmente ao problema de pesquisa consistiu em: A hipótese elaborada para responder preliminarmente ao problema de pesquisa consistiu em: Se por meio da análise da origem das patologias é possível obter o reestabelecimento das condições originais das estruturas danificadas (recuperação) ou promover adequações da capacidade resistente das estruturas em função do uso (reforço).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Patologia da construção

De acordo com Holanda (2015) a Patologia de construção pode ser definida como sendo o tratamento sistemático das anomalias, estudo de suas causas e consequências e a definição dos respectivos métodos de reparo e técnicas. Embora a designação Patologia da Construção pareça recente, o tratamento de anomalias de construções é um assunto muito antigo. Desde o ano 2200 AC, o Código de Hamurabi já indicava punições severas, e até condenação à morte, para alguns casos graves de anomalias nas construções.

Assim, comenta-se que a patologia da construção é uma área especializada das ciências aplicadas. Raina (2003) afirma que ela se preocupa em determinar as causas

dos problemas do projeto (ou "patologia") e com as mudanças estruturais e funcionais que ocorrem sob condições difíceis ou especiais.

Dessa forma, o resultado identificado a partir das patologias pode localizar as doenças da construção dentro de sistemas de construção individuais, isolando e identificando o problema a um ou a um grupo de (sub) sistemas, como a envolvente do edifício (telhado, revestimento, paredes cortina, etc.) ou concreto protendido. Novamente, como na medicina, tenta-se encontrar uma correlação clara entre os sintomas clínicos observados e as alterações patológicas.

Com o constante aumento dos problemas patológicos estruturais, a Patologia de Estrutura tem sido pesquisada, não só pela sistematização da patologia, mas também pela promoção de novas concepções técnicas. Varghese (2014) afirma que novos conceitos, não tão difundidos até recentemente, são o desempenho, durabilidade, ambiente, conformidade, ciclo de vida de serviço e manutenção. É possível definir o ciclo de vida do material como o período em que suas características químicas e físicas permanecem acima dos limites mínimos especificados para sua função. Seu ciclo de vida pode ser estendido significativamente com um programa correto de manutenção estrutural.

2.2 Causas patológicas em estruturas de concreto

Na análise da estrutura danificada, o reconhecimento da causa patológica tem se constituído em importância imprescindível com um tratamento correto, necessário para garantir a minimização da patologia pós-recuperação. As causas da deterioração das estruturas podem ser divididas em dois grandes grupos, como discutido em Ripper e Souza (1998). Essas são causas intrínsecas e extrínsecas.

Tal como destacou Ripper e Souza (1998), as causas intrínsecas são aquelas que residem na própria estrutura. Eles têm sua origem nos componentes e materiais da estrutura. Essas causas são geradas por erro humano na fase de execução e/ou uso, e por agentes externos e naturais, como ataques químicos e até acidentes. Ainda as causas extrínsecas são aquelas que são independentes da própria estrutura, bem como de sua composição ou falhas devido à execução. Eles podem ser entendidos como fatores que atacam as estruturas, "de fora para dentro", durante todo o processo de concepção, execução ou vida útil do projeto.

2.2.1 Formação e mecanismos manifestos de patologias em concreto pré-estressado e reforçado

Segundo Fusco (2008), as fissuras são devidas a uma deformação causada pela carga mecânica ou ambiental em uma peça de concreto pré-tensionada ou reforçada,

podem ter sua origem em vários fatores, tais como: trincas de tensão e compressão por flexão (um estado crítico de colapso frágil); rachaduras causadas por cisalhamento vieram de um cisalhamento ou torção.

Ademais, ainda de acordo com Fusco (2008), é um estado crítico de colapso frágil; rachaduras causadas pelo concreto creep; rachaduras causadas pelo encolhimento; fissuras causadas por cepas térmicas e higroscópicas; rachaduras causadas por deficiências no posicionamento do equipamento de suporte e detalhes da articulação dos dentes.

As aberturas podem apresentar diferentes dimensões e designações de acordo com Raine (2003) a particularidade da corrosão do concreto é a deterioração onde as reações são apenas químicas e não eletroquímicas, podendo ocorrer de três formas: lixiviação, reação iônica e expansão. Nessa direção, Lourenço et al. (2009) chama a atenção para a corrosão microbiológica como uma importante causa de corrosão em pontes e viadutos. A variabilidade genética e fisiológica existente entre microrganismos, especialmente bactérias, permite que determinados grupos sejam instalados em estruturas especiais, causando danos.

Ambientes agressivos, alta porosidade, alta capilaridade, deficiência na espessura da cobertura, materiais de construção com problemas e fissuras severas são, segundo Perdrix (1992), fatores predominantes de corrosão do reforço de aço.

Diante disso, Helene e Pereira (2007) salientam que como o concreto apresenta alta concentração de hidróxido de cálcio, ocorre considerável alcalinidade, sendo seu pH ≥12,5. O dióxido de carbono, responsável pela reação de carbonatação, reduz o pH do concreto, evapora o aço e facilita o ataque de substâncias nocivas. A velocidade de penetração da frente de carbonatação é uma função direta da permeabilidade e rachadura do material. A relação w/c que determina a permeabilidade específica do concreto e a espessura da cobertura podem influenciar na velocidade de carbonatação.

Yoris et al. (2010) também comentou que a carbonatação é significativa em estruturas localizadas em ambientes industriais e está sujeita a ciclos de molhamento e secagem. Uma das medidas preventivas e corretivas é a proteção catódica com ânodos sacrificiais; no entanto, Pereira (2009) destaca que a adequada concepção e dimensionamento dos sistemas de proteção catódica, bem como a adequada inspeção periódica do ânodo, possuem grande importância para a eficiência e o desempenho do sistema de proteção. Essa inspeção deve levar em consideração o sistema de vida útil do projeto, pois, com o funcionamento do sistema, os ânodos desgastam-se até o consumo total, permitindo o surgimento de processos corrosivos.

Além das reações químicas necessárias para a hidratação da hidratação dos compostos de cimento, que induzem as deformações de contração, pode haver reações deletérias, como reações expansivas. Mehta e Monteiro (2008) observaram que os mais comuns desse tipo são: reação alcalino-agregada; reação álcali-dolomita; feldspatos calc-sódicos, ataque de sulfato.

Elementos de concreto pré-tensionados ainda podem sofrer ação deletéria de alguns fatores conhecidos e quantificados, segundo Cauduro (2003) a perda de aderência entre aço tensionado e concreto; relaxamento de aço pré-estressante; retração de concreto; corrosão por fluência de concreto sob tensão de aço pré-tensionada; Deficiência passiva da barra de reforço de aço na ancoragem.

3 METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica, esse tipo de pesquisa utiliza de subsídios bibliográficos para a elaboração da pesquisa, quanto à natureza, é uma pesquisa descritiva. A pesquisa conta com a abordagem qualitativa, pois é traduzida por aquilo que não pode ser mensurável, pois a realidade e o sujeito são elementos indissociáveis.

Para que a pesquisa fosse realizada, primeiramente houve a coleta de artigos nacionais e em língua inglesa, acerca da temática, disponibilizadas em postais como LILACS, Scielo, CAPES e Google acadêmico, além da utilização de livros com a referida temática. O segundo passo refere-se à seleção dos artigos por meio das palavras-chave: Patologia, Concreto, Recuperação e Técnicas preventivas. Com isso fora coletados artigos e livros, durante o processo seletivo de material bibliográfico foram rejeitados aqueles que não condiziam com o objetivo proposto, a seleção ocorreu após uma breve leitura dos mesmos. Foram excluídos artigos escritos em outra língua que não estivessem português ou inglês.

A seleção foi realizada a fim de que fosse possível realizar uma triagem sucinta do material teórico encontrado, para que assim fossem selecionados quais seriam lidos integralmente e utilizados para a construção da referida pesquisa. A partir da seletiva, foram selecionados artigos e livros, os quais deveriam ser lidos integralmente, após sua leitura foi realizado um fichamento, a partir disso se tornou possível identificar e comparar os conceitos.

Ademais, os resultados obtidos a partir de tal levantamento serão apresentados no tópico seguinte.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi possível identificar de acordo com Gonçalves (2015) se deve realizar um diagnóstico de construção por meio de estudo de área de trabalho, inspeção visual e métodos de testes não destrutivos, como varredura termográfica, detecção de umidade, batida mecânica deve ser realizada nos edifícios antes de chamar qualquer proposta para reparos e repintura.

Os autores comentam ainda que os resultados de diagnóstico destes blocos de construção devem ser usados como informações guiadas para prestar mais atenção em reparos e preparações de substrato antes dos trabalhos de repintura e também para especificar o sistema de pintura e impermeabilização. Os resultados também podem ser usados como referências futuras para monitoramento da garantia de pintura e programas de manutenção periódica/cíclica.

Cabe destacar aqui a possibilidade de se desenvolver um plano de reparação sistemático, realizando um trabalho consistente desde a inspeção e diagnóstico até o projeto de reparo, é imprescindível uma avaliação adequada do desempenho estrutural para inspecionar detalhadamente, que é conduzida por vários testes, como teste de resistência à compressão para concreto, teste de carbonatação, teste de concentração de íons cloreto e teste de reatividade alcalina-sílica ou inspeção do vergalhão condição e o diagnóstico de corrosão.

4.1 Testes não destrutivos

4.1.1 Pesquisa de vergalhões

Quanto a localização e a profundidade dos reforços na estrutura de concreto são medidas pelo método de radar eletromagnético/método indutivo eletromagnético.

Sobre isso, Helene e Pereira (2007) afirma que eles podem ser usados para gerenciamento de qualidade para as estruturas recém-construídas e confirmação do arranjo de vergalhões para as estruturas existentes e posicionamento das barras e tubos durante a ancoragem ou perfuração do núcleo.

4.1.2. Teste de ondas elásticas de impacto

Sobre isso, Helene e Pereira (2007) consideram que a estimativa da resistência à compressão, medição da espessura, inspeção da distribuição de defeitos internos e profundidade da fissura podem ser obtidos analisando-se a forma do interior de propagação da onda elástica do concreto, que foi medido por equipamento de teste não destrutivo com a onda elástica sistema de radar.

4.1.3 Método do martelo de teste

De acordo com Yoris et al. (2010) a resistência à compressão estimada do concreto é calculada pelo grau de repulsão medido por um martelo de teste. Este método é muito fácil de usar e empregado por muitos até hoje.

4.1.4 Teste do BOSS

Identificou-se a partir de Helene e Pereira (2007) destacam que o teste BOSS é um teste micro destrutivo para confirmar a resistência do concreto usando uma peça de teste de um concreto fundido. Como os moldes são preenchidos com concreto simultaneamente, o corpo de prova pode mostrar características de resistência sob as mesmas condições de cura que a estrutura principal.

4.2 Obras de diagnóstico

Ademais, segundo Pereira (2009) deve ser realizado um estudo de área de trabalho, o qual engloba a revisão de dados históricos e todas as informações, registros e desenhos relevantes para entender melhor o sistema de fachada existente e o desempenho esperado de tal sistema.

Já a inspeção visual refere-se a todas as fachadas afetadas que devem ser inspecionadas visualmente para obter a condição geral da fachada e do plano de amostragem/teste do projeto. Mehta e Monteiro (2008) concorda que em relação a varredura termográfica por infravermelho refere-se a um método de teste não destrutivo, ou seja, varredura por termografia por infravermelho, deve ser conduzido para avaliar a condição de todas as fachadas externas dos blocos de construção para umidade e potencial de gesso desviado.

4.2.1 Estado presente de manutenção, reparação e reabilitação

Entender o que entra no reparo e restauração de estruturas de concreto e alvenaria é fundamental, e assim, se é capaz de identificar os sinais de alerta de uma pequena reparação em seu caminho para se tornar um grande investimento. Mehta e Monteiro (2008) afirma que a primeira maneira de economizar dinheiro em reparos de concreto e alvenaria é fazer um orçamento para inspeções de construção de rotina e manutenção contínua desde o início.

É uma questão de séria preocupação dos engenheiros civis, que em alguns países, as atividades de reparação de estrutura feita hoje representam quase metade da despesa total anual em construção geral de atividades. Cauduro (2003) menciona que tal estado é de grande preocupação principalmente por duas razões, em primeiro lugar, o concreto é em essência, um material comprovado, durável e praticamente livre

de manutenção. Isto é exemplificado por um grande número de estruturas construídas corretamente mais de meio século atrás e ainda está em bom lugar hoje. Em segundo lugar, o know-how de fazer concreto, que não precisa de grande reparação/reabilitação, já está bem documentado e é conhecido por todos.

Assim, pautando-se em Rajoria e Basa (2010), foi possível identificar que apesar de tudo isso, a tendência de deterioração precoce da estrutura de concreto continua inabalável, atualmente, não existe nenhum procedimento existente estabelecido, obrigatório ou não, para inspeção periódica dos edifícios/estruturas e registo dos defeitos e sintomas estruturais, como rachaduras, corrosão e deflexão da estrutura, de maneira lógica, nem qualquer registro de reparos estruturais/reabilitações realizadas, é mantido adequadamente mesmo para os edifícios públicos.

Vidivelli (2014) discorre que o processo de inspeção não requer um grande investimento de tempo ou dinheiro, dessa forma, recomenda-se que os proprietários preparem inspeções anuais de construção com um empreiteiro experiente ou engenheiro estrutural para percorrer o espaço e determinar quaisquer problemas que precisem ser abordados. Há alguns sinais a serem observados durante uma inspeção que indicam quando um reparo é necessário.

Acerca disso, cita-se a falha ou fragmentação de concreto. Bhattacharjee (2015) comenta que isso pode ser causado pela umidade que entrou no material e causou a corrosão do vergalhão, em seguida menciona-se a descoloração da superfície, a qual frequentemente é causada pela exposição a elementos naturais, a descoloração da superfície que pode indicar invasão de umidade.

Na verdade reparação/reabilitação/modernização atividade é uma aplicação muito mais avançada da ciência e tecnologia envolvida na engenharia, que é o desafio mais difícil para os engenheiros. Precisa-se optar por novas técnicas e materiais para resolver essas dificuldades, tem-se opções suficientes para selecionar vários produtos químicos de construção, minerais, métodos para reparos/ reabilitações, a economia etc. para corrigir o dano.

Todos estes devem ser considerados na totalidade antes de decidir sobre a estratégia de reparação/ reabilitação/adaptação e, portanto, necessária preparação. A substituição de materiais danificados é a tendência para reparação/reabilitação, substituições de escala em massa são estratégias de reparo convenientes, que estavam sendo seguidas principalmente em países em desenvolvimento como A Índia, como estes oferecem turn-over rápido e são mais rentáveis.

Esta é normalmente uma estratégia cosmética, restrito à fachada e oferece uma sensação de segurança devido aos impressionantes novos visuais. As reparações necessárias, por exemplo, reparos estruturais nos membros estruturais que perdido. Varghese (2014) ressalta que o sofrimento estrutural é camuflado e enterrado sob os acabamentos. Os métodos clássicos ordinários de reparação/reabilitação como reboco, revestimentos etc. são muitas vezes vistos para não oferecer resultados satisfatórios. Muitas vezes, é constatado que, nos reparos tradicionais, o mesmo problema pode ocorrer rapidamente, assim investigações revelaram que as medidas de reparo em tais casos falharam basicamente devido a duas razões para os edifícios.

De fato, manutenção periódica normal muitas vezes é muito carente e, portanto, a exigência de reabilitação também está aumentando. Há uma crescente preocupação nacional/internacional sobre a deterioração prematura de edifícios/estruturas, particularmente estruturas de concreto, haja vista que o concreto de cimento é um dos materiais mais amplamente usado na construção e provou ser quase indispensável para os dias atuais d civilização.

Salienta-se diante de tais apanhados que as novas tecnologias e novos materiais de reparo, que vêm sendo amplamente utilizados por países avançados, também estão sendo julgados em países desenvolvidos. Este papel destaca o atual estado de manutenção, especialmente em países em desenvolvimento e sobre a utilização dessas novas técnicas/materiais para reparação/restauro dos edifícios/estruturas, para o desenvolvimento sustentável a longo prazo.

4.3 Método de reparo, reabilitação e reforma

Segundo Yoris et al. (2010) as técnicas e materiais utilizados no processo de reparação, reabilitação, adaptação e manutenção dependem sobre a extensão da deterioração. Produtos químicos de construção e polímeros entraram no mundo do concreto durante o final dos anos sessenta, hoje pode-se dizer que eles são parte integrante de muitos concretos. Em termos gerais, os polímeros são compostos químicos, que consistem essencialmente em repetir unidades.

Dessa forma, salienta-se que embora os polímeros estejam em uso no concreto há algum tempo, eles são conhecidos pelos papéis respectivos que desempenham, como misturas, agentes de ligação, selantes e assim por diante. Alguns dos modificadores de polímeros mais usados em concreto e argamassa são o acetato de vinil etileno copolímero, copolímero de estireno-butadieno e resinas acrílicas. Gonçalves (2015) complementam citando que os compósitos de polímero-concreto provocam várias melhorias nas propriedades mecânicas, incluindo aumento substancial na resistência e módulos de elasticidade. Existe um grande número de produtos disponíveis no mercado. Como

tal, existe exigência de elaborar diretrizes gerais e técnicas de avaliação padronizadas, que deve permitir que os usuários façam o melhor uso dos produtos disponíveis.

4.3.1 Requisito e método para reforma de estruturas

Pereira (2009) afirma que o reforço é uma opção técnica para melhorar a força e outros atributos de resistência do edifício contra forças sísmicas e outras. O requisito de adaptação de qualquer estrutura surge principalmente devido ao fato de que os edifícios antigos que foram projetados podem não ter a força adequada de acordo com as exigências atuais. Além disso, em certos casos, a deterioração do concreto de fundação e outros elementos ocorrem devido a várias razões, incluindo o assentamento de estratos de solo.

As fundações são uma parte muito importante do edifício, o fortalecimento também é necessário. Para dar vida a esta afirmação, Mehta e Monteiro (2008) comentam que o processo de fortalecer a fundação de um edifício existente é chamado de sustentação, seu principal objetivo é transferir a carga da fundação a uma profundidade mais forte, a razão para o apoio pode ser devido a qualquer um dos seguintes: Maior do que o assentamento permitido do edifício, aumento no carregamento, abaixando o nível do solo adjacente abaixo da fundação do edifício para alguns construção no site adjacente.

Nessa direção, foi identificado a partir de Gonçalves (2015) que existem vários métodos disponíveis para sustentar, um deles é descrito como Métodos Tradicionais, outros são Agulha e pilha de sustentação das paredes, empilhamento de ângulo e sustentação das fundações da coluna. Além disso, existem métodos disponíveis para melhorar as Fundações em Argilas expansivas também, o fortalecimento de vigas, colunas e lajes pode ser realizado por Colagem de chapas, revestimento RC e por sistemas FRP. O fortalecimento das colunas e vigas pode ser feito também por RC Jacketing. RC jacketing é com camada adicional de aço e concreto, é um dos métodos simples de fortalecimento de colunas e vigas.

4.3.2 Reparação, reabilitação e reforma: materiais e técnicas

Bhattacharjee (2016) menciona que polímero são materiais resistentes e de alta resistência que têm alta resistência ao ataque de cloretos e sulfatos normalmente são usados para materiais de reparo. O concreto modificado polimérico (CMP)/polímero modificado e argamassa, que são comumente usados como material de reparo tem as seguintes propriedades: Alta resistência à compressão na tenra idade, maior resistência à flexão e tração, impermeabilidade à água, adesão, resiliência, durabilidade e impermeabilidade, etc. O polímero a ser usado é o látex.

Ainda de acordo com Bhattacharjee (2016), o látex do tipo SBR ou outro polímero equivalente deve ser usado. Isso transmite as seguintes propriedades ao concreto: força elevada, resiliência, impermeabilidade, resistência à carbonatação e penetração de íons cloreto, o polímero é misturado em água antes da adição em concreto de cimento, o valor de PH do polímero deve ser superior a 7,5. A resistência à flexão de 28 dias deve ser de pelo menos 50 kg/cm2. O mínimo a resistência à compressão é de 150 kg/cm2 aos 3 dias e 350 kg/cm2 aos 28 dias. A resistência à tração dividida deve ter pelo menos 25 kg/cm2 aos 28 dias.

Identificou-se que a forma mais drástica de um impacto físico que leva à degradação do concreto é a ação das águas. Yoris et al. (2010) afirma que para o impacto físico se manifestar, as fundações devem estar em contato com a água ou umidade no chão, em relação a qualquer concreto, e até mesmo o concreto de maior grau, é poroso, o principal princípio de proteção é impedir a penetração de água no concreto. Consegue-se impedindo que a água entre em contato com concreto, ou impedindo que a água que já está em contato com ela penetre no mesmo.

Se as condições no campo permitirem, a medida de proteção mais eficiente é a escolha da profundidade apropriada de fundação que assegure que as fundações estejam sempre em solo seco, ou seja, acima do nível máximo de água subterrânea, caso esteja presente. Além disso, o aumento capilar da água subterrânea através do solo de grão fino deve ser evitado pela construção de uma camada de cascalho abaixo das fundações, ou quando se trata de quartos escavados, pela construção da drenagem apropriada e isolamento de água e umidade.

Cauduro (2003) comenta que a construção adequada dos pavimentos, coleta e drenagem de chuva dos telhados e superfícies do nível do solo são medidas preventivas muito importantes que impedem a penetração e o contato das águas atmosféricas com as fundações. Nos casos em que é impossível impedir o contato das fundações com umidade e água, é necessário usar o concreto que tem a menor porosidade e alta compactação possível, é conseguido através do desenho apropriado da composição da mistura de concreto fresco, sua fabricação apropriada, colocação (vibração) e cura. Além disso, aditivos apropriados para concreto podem ser aplicados, reduzindo a porosidade do concreto e aumentando a estanqueidade.

4.4 Metodologia de reparação, reabilitação e reforma

Cresce a cada dia o número de empresas que estão fabricando vários produtos químicos para reparação/reabilitação de estruturas de engenharia civil. De acordo com Lourenço et al. (2009) caso a corrosão do aço não tenha começado, mas a carbonatação do concreto tenha ocorrido até a superfície de reforço, revestimento de espes-

sura necessária pode ser aplicado para evitar/retardar o processo de carbonatação, dependendo da gravidade da carbonatação, polímero ou resinas epóxi ou concreto de argamassa modificada com polímero podem fornecer proteção adequada. Esse revestimento também interrompe a penetração de cloreto e outros elementos deletérios.

Vidivelli (2014), cita que as medidas de reparação/reabilitação são sugeridas para que todo concreto não sadio seja removido por cortador elétrico/picador pneumático e reforço para ser exposto todo. O aço existente deve ser desbobinado adequadamente, escovando e aplicado removedores de ferrugem, etc. Sempre que o reforço existente é reduzido em 20% ou mais, existe um reforço adicional devidamente limpo para ser fornecido e soldado em ambos os lados.

Bhattacharjee (2016) afirma que os materiais a serem usados para argamassa são cimento, areia de quartzo, polímero e água na proporção de 100, 400, 15 e 30 partes por peso. Para a parte danificada do sócio que tem profundidade mais que 75 mm usa-se cimento, quartzo areia, agregado (20 mm e grau para baixo), polímero e água na proporção de 100, 200, 400, 15 e 35 partes em peso para serem usadas.

Dessa forma, é possível salientar que a subsequência de reparo é muito importante em todo este esquema de reparo, devido a condição de estadiamento. O reparo de todos os reforços em grupos apropriados é inicialmente sugerido, e, em seguida, as colunas a serem reparadas em um grupo de no máximo quatro de cada vez, após a transferência de carga através do suporte de aço para os braços (abaixo)/terra. Além disso, é recomendado que cláusula de garantia de desempenho seja mínima de três anos, incluída no concurso para trabalhos de reparação.

Segundo Cauduro (2003) para obter as estruturas mais duráveis possíveis, é importante produzir concretos com baixa porosidade e tão alta compactação quanto possível. O concreto feito com uma baixa relação terá alta densidade, e será retardar a penetração de água e cloretos para o reforço, bem como o processo de carbonatação. Além disso, o uso de tipos apropriados de cimentos, dependendo dos possíveis fatores agressivos, é de grande importância para a resistência e durabilidade do concreto em um ambiente agressivo.

A título de informação, comenta-se que regulamentos de muitos países definem de diferentes maneiras as recomendações para evitar os efeitos de degradação de concreto e reforço de estruturas de concreto armado. Mais frequentemente é o máximo teor admissível de cloretos no concreto, ou seja, a espessura mínima da camada protetora do concreto.

Além disso, Helene e Pereira (2007) citam que a pesquisa neste campo continuamente produz novas formas, procedimentos e materiais contribuindo a impermeabilidade do concreto à água, vapor de água, vários gases e difusão de sais dissolvidos.

Segundo Vidivelli (2014), há vários isolamentos hidráulicos para as partes subterrâneas das estruturas, como concreto armado e fundações tais como: betume, emulsão asfáltica e emulsões poliméricas, tiras de betume, folhas sintéticas (membranas). As emulsões de betume são soluções de betume líquido, que é como um revestimento frio aplicado em um número necessário de camadas. Eles são reforçados pela malha de fibra de vidro, as emulsões asfálticas são, além do revestimento, aplicadas na superfície usando dispositivos de pulverização com a adição de aceleradores que resulta na membrana seca de muito bom, provocando elasticidade e aderência.

Cauduro (2003) afirma que a emulsão de polímero pode ser aplicada nas superfícies por pulverização, o que resulta em uma membrana elástica e resistente mesmo com variações de temperatura muito pronunciadas. Folhas cravejadas (membranas) são as folhas feitas de HDPE, são perfiladas para formar pinos ocos. Além de vertical, elas também são aplicadas para superfícies horizontais onde nenhuma construção prévia de concreto é necessária.

De acordo com Gonçalves (2015), as sobreposições são seladas juntamente com as tiras autoadesivas especiais à base de butilo. A estrutura tipo banheira é uma estrutura de concreto armado que, além da função estrutural, serve como hidroinsulação. A estrutura deve ser construída de concreto impermeável, além disso, os elementos estruturais não devem ter menos de 30 cm de espessura e ser construídos de tal forma que não haja rachaduras durante o serviço e que todas as juntas e as penetrações sejam seladas contra a água de maneira apropriada. As paredes são concretadas com concreto tendo granulação até 8 mm e com maior quantidade de cimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conclusão que se chegou com base nos resultados encontrados é que o concreto é um material de construção fantástico. No entanto, com o tempo, pode ser propenso a degradação, a qual pode ser causada por estresse mecânico, dano físico, vibração, deterioração geotécnica, etc. Esse dano geralmente se manifesta na forma de fissuras ou lascas, que são importantes para localizar e identificar. Os objetivos propostos foram alcançados, desse modo pôde-se indicar técnicas de inspeção e diagnóstico, tais como um diagnóstico de construção por meio de estudo de área de trabalho, inspeção visual e métodos de testes não destrutivos, como varredura termográfica, detecção de umidade. Em seguida identificou-se as possíveis causas patológicas de deterioração de estruturas de concreto, tal fato mostrou que as causas podem ser físicas e químicas. Por

fim, mencionou-se acerca das técnicas de monitoramento e manutenção preventiva, afirma-se que a manutenção preventiva é gerada não apenas por um projeto correto ou por uma implementação de acordo com os parâmetros de qualidade, mas também por um programa de manutenção estrutural.

O problema de pesquisa pôde ser respondido com êxito, assim menciona-se que a revisão de literatura em que o artigo foi baseado expressa a importância do design baseado em princípios sólidos, envolvendo uma equipe multidisciplinar para avaliar todos os pontos, dando ao design das pontes um caráter funcional, econômico, estético e ambiental. Observa-se também a necessidade de conhecimento técnico sobre o estudo das patologias estruturais antes de realizar uma inspeção. No aspecto de durabilidade, nota-se que as patologias mapeadas afetam significativamente a estrutura, pois através delas pode surgir outra patologia que reduzirá a vida útil de uma estrutura.

A hipótese elaborada para responder preliminarmente ao problema de pesquisa foi confirmada, assim viu-se que por meio da análise da origem das patologias é possível obter o reestabelecimento das condições originais das estruturas danificadas (recuperação) ou promover adequações da capacidade resistente das estruturas em função do uso (reforço).

Teve-se como objetivo geral descrever sobre as técnicas preventivas e de recuperação de estruturas de concreto, finalmente, concluiu-se que a melhor maneira de evitar um estado patológico é a prevenção. Com o passar do tempo, muitas outras estruturas de concreto surgirão, dependendo da gravidade do o efeito ambiental, as medidas restaurativas podem ser selecionadas. Como tal seleção e avaliação do material de reparo correto e protetor revestimentos economizarão muito dinheiro e tempo, reduzindo os custos de reparo frequentes de reparos a edifícios/estruturas de concreto. Para modificar e melhorar as propriedades do concreto ou argamassa, um grande número de polímeros e aditivos foram experimentados e amplamente utilizados em outros países.

É imperativo que o engenheiro entenda as razões que levaram aos danos e/ou deterioração antes de desenvolver um programa de reparo, as causas subjacentes devem ser corrigidas, embora seja um processo difícil. Os polímeros e aditivos devem formar uma parte permanente da construção original e para a reparação de estruturas de concreto nos próximos anos, para o desenvolvimento sustentável em longo prazo.

As limitações encontradas no decorrer da pesquisa se fizeram presente na fase de encontrar autores que abordassem o tema, haja vista que ainda se trata de um tema com ainda escassos trabalhos que discorrem sobre a temática.

Esta pesquisa fornece informações importantes e extremamente relevantes para a engenharia civil, especificamente para a manutenção da infraestrutura rodoviária em um país emergente que deve melhorar os meios de transporte para aumentar suas exportações e sua economia. Este fato poderia contribuir para o bem-estar humano de sua população.

REFERÊNCIAS

BHATTACHARJEE, J. "**Need for repair/retrofitting of Concrete Structures using latest materials & Techniques"** , in International Conference of NCB, in New Delhi on 01-04 Dec15, 2015.

BHATTACHARJEE, J. **Rehabilitation/Retrofitting of Concrete Structures along with Case Studies**, in 2 nd International Conference of of CEU-16, Dubai, UAE on 23-24 Apr16, 2016.

CAUDURO, E. L. **Manual para a Boa Execução de Estruturas Protendidas Usando Cordoalhas de Aço Engraxadas e Plastificadas**. Guide to Good Implementation of pre-stressed concrete structures using steel ropes greased and plasticized. 2nd ed. São Paulo, 2003.

FUSCO, P. B. **Concrete structures: shear forces.** Pini. São Paulo, 2008.

GONÇALVES, Eduardo Albuquerque Buys. **Estudo de Patologias e suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado e Obras de Edificações**. 2015. 174 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014879.pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.

HELENE, P; PEREIRA, F. **Rehabilitacion y mantenimiento de estructuras de concreto.** São Paulo: Cargraphics, 2007.

HOLANDA, Maria Júlia de Oliveira. **Técnicas preventivas e de recuperação de estruturas de concreto**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)- Universidade Estadual da, Paraíba, 2015.

LOURENÇO, L.I.; ALVES, V.J.C; JORDY, L.C.; MENDES, M.V.C. Parameters for assessment of pathologies in special structures, **Revista Engenharia Civil. Guimarães, Portugal,** v. 34, p. 5-14, 2009.

MEHTA, P; MONTEITO P. **Concrete: microstructure, properties and materials**. 3rd ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

PERDRIX, C. **Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras.** Handbook for Diagnosis of Works damaged by reinforcement corrosion. Pini. (In portuguese), 1992.

PEREIRA, A. **Analysis of Comparative analysis of the performance of different systems of cathodic protection in reinforced concrete structures.** In: 5th Cinpar – International Congress on Pathology of structures, Proceedings, 2009.

RAJORIA, K.B; BASA, A.S.H. **The Institute of Engineers(I), "Rehabilitation and Retrofitting of Structures**" Published by Macmillan Publishers India Pvt.Ltd, 2010.

RAINA, V. **Concrete bridges inspection, repair, strengthening, testing and load capacity evaluation**. Mc Graw -Hill publishing, USA, 2003.

RIPPER, T.; SOUZA, V. **Pathology, rehabilitation and strengthening of concrete structures.** 1st ed., Pini, São Paulo, Brazil, 1998.

SOUZA, V.C.M.; RIPPER, T. **Patologia recuperação e reforço da estrutura de concreto**. São Paulo, Editora PINI , 1998.

YORIS, A; SEGOVIA, M.; CARRASCO, M.; BELBEY, F.; GUILARDUCCI, A.; DEFAGOT, C.; ULIBARRIE, N.Y; MARCIPAR, A. **Carbonatación del Hormigón Armado: Influencia de la Contaminación Ambiental Urbana.** Anais no VI Congreso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras. Córdoba, Argentina. 2010.

VARGHESE, P.C. **Book on "Maintenance, Repair & Rehabilitation & Minor Works of Buildings" published by PHI Learning** Pvt. Ltd, 2014.

VIDIVELLI, Dr.B. **Rehabilitation of Concrete Structures"** by Standard Publishers Distributors, 2014.

CAPÍTULO 12

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CONCRETO USINADO E CONCRETO PRODUZIDO NO CANTEIRO DE OBRA

COMPARATIVE STUDY BETWEEN READY-MIX COCRETE AND COCNRETE PROCUCEDA AT THE CONSSTRUCTION SITE

Carlos Adriel Silveira dos Reis[1]
Danilo Tafarel Cunha Batista
Engº Marlyson Jose Silveira Borges

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.12

1 adrielstm@hotmail.com. engsbrasil@gmail.com

RESUMO

Esta pequisa apresentará os resultados de uma comparação entre dois tipos de produção de concreto de maior utilização atualmente, o concreto produzido no canteiro de obra e o concreto produzido em centrais de concretagem. Apresentará reultados de ensaio de resistencia à compressão, e qual dos dois modelos de produção possui melhor resistencia característica e meno custo de produção tedo como base o traço unitario para um corecreto de 40 Mpa.

Palavras-chave: Concreto. Usinado. Obra.

ABSTRACT

This research will present the results of a comparison between two types of concrete production of greater use today, the concrete produced at the construction site and the concrete produced in concrete plants. It will present the results of the compressive strength test, and which of the two production models has the best characteristic resistance and the lowest production cost, based on the single line for a 40 Mpa corecret.

Keywords: Concrete. Machined. Constructions.

1 INTRODUÇÃO

O mais importante e utilizado produto da construção civil atualmente é o concreto, e o produto mais fabricado no mundo em volume. Dada importância, atingida por esse mistura de agregados graúdos, miúdos e cimento, se deve basicamente, à sua capacidade de resistência à água, facilidade de uso com variedade de formas e tamanhos, baixo custo, disponibilidade em todo o mundo (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Atualmente a maior parte do concreto utilizado é produzida em centrais dosadoras (CDC), e a tendência é que esse recurso se torne cada vez mais comum, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil, visto seus privilégios frente à produção em obra como praticidade e qualidade (MASCOLO, 2012).

Segundo Polesello (2012), são comuns atrasos e extrapolações do tempo normativo causado por problemas no transporte logístico de entrega, problemas e manutenção com o caminhão trafegam lento, etc. Muitas das vezes, observa-se a indevida adição de água ao concreto como forma de alterar sua consistência, a fim de facilitar o lançamento e obter adequada trabalhabilidade do concreto, o que não é correto.

A NBR 7212 (ABNT, 2012), para execução de concreto dosado em central, determina um tempo máximo de 150 minutos, a partir do início da hidratação do cimento Portland, até a entrega e lançamento do concreto.

O concreto virado compreende o concreto preparado no canteiro obra por serventes, este procedimento é considerado superficial, expondo assim, uma baixa precisão na exatidão de cálculos, ou seja, traços a serem utilizados coerentemente, baixando assim, sua qualidade.

Construir com baixo custo, qualidade e agilidade na execução não depende apenas das técnicas ou dos tipos de materiais, como também da mão de obra empregada, ou seja, para as empresas atingirem seus propósitos ficam dependentes do desempenho do colaborador que é responsável por determinada função ou setor de trabalho (FARAH, 1996).

1.1 Objetivo

Esta pesquisa vai apresentar um estudo comparativo entre o concreto usinado produzido pela empresa Polimix Concreto - Santarém/Pará e o concreto produzido em uma obra de construção de um posto de combustível na cidade de Santarém/Pará. E se existê diferença de custos e qualidade entre concreto usinado e concreto produzido na obra

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Concreto

O concreto fresco segundo a NBR 12655 (ABNT, 2015), caracteriza como um concreto totalmente misturado e encontra-se em seu estado plástico e totalmente adensável por um método. A NBR 12655 (BNT, 2015), fala ainda que o concreto endurecido, ou seja, em seu estado endurecido e o que desenvolve resistência mecânica.

O concreto de cimento Portlande e o material estrutural mais importada da construção civil na atualidade. Mesmo sendo umas dos mais recentes dos materiais da construção civil estrutural, considerado como uma das maiores descobertas e interessante da historia do desenvolvimento da humanidade na qualidade de vida (HELENE E ANDRADE, 2007).

O concreto acompanhado do aço é os dois matérias mais utilizadas no segmento da construção civil. As academias de engenharia civil ensinam mais sobre o aço do que o concreto, tendo uma maior necessidade de conhecimento do concreto, pois o mesmo e produzindo e utilizado em uma escala maior que o aço. E diante disso o concreto

e por outros fatores o concreto tem maior possibilidade de causar falhas estruturais (NIVILLE, 1997).

Para Niville (1997), oque mais influenciam na resistência do concreto são os fatores: relação água/cimento, o grau de adensamento, a temperatura e à idade do concreto.

2.2 Produção de oncreto dosado em cental (Usinado)

Chama-se de **concreto usinado** o material resultante da mistura do cimento com água, areia, brita e aditivos, realizado por empresas com equipamentos especializados que garantem o controle rigoroso da proporção e mistura dos materiais e consequentemente da qualidade do concreto produzido.

Segundo a NBR 12655 (ABNT, 2015) define como: concreto dosado em instalações específicas ou em central instalada no canteiro da obra em conformidade com a NBR 7212 (ABNT, 2012), misturado em equipamento estacionário ou em caminhão-betoneira, transportado por caminhão-betoneira ou outro tipo de equipamento, dotado ou não de dispositivo de agitação, para entrega antes do início de pega do concreto, em local e tempo determinados, para que se processem as operações subsequentes à entrega, necessárias à obtenção de um concreto endurecido com as propriedades especificadas.

O concreto dosado em centrais tem garantia e certificação da resistência e da dosagem pela ABESC (Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Concretagem), 2019. E é pratico econômico, seguro e de alta trabalhabilidade.

Segundo a NBR 7212 (ABNT, 2021), diz que o tempo de lançamento e acabamento do concreto, pode ser estendido com a utilização de materiais específicos dede que se mantenha o abatimento com uso de plastificante. Em um estudo prévio Polesellho (2012), confirma esta a tese em uma analise de laboratório e in loco de extrapolação do tempo máximo estabelecida com a adição de aditivos plastificante no concreto.

O concreto usinado deve-se realizar o ensaio de abatimento de tronco de cone (slump test) a cada betonada que chega à obra para a aceitação do concreto fresco (NBR 12655, ABNT 2015).

2.3 Produção de concreto no canteiro de obra

O concreto produzido no canteiro de obra e normatizado pela ABNT NBR 12655:2015, Concreto de cimento Portland – Preparo controle e recebimento – Procedimento, em seus itens 3.1.4, 3.1.32, 4.1.4 e 4.3.

O concreto feito na obra é caracterizado pela dosagem e elaboração do concreto realizado no canteiro de obras pelo construtor (NBR 12655, ABNT 2015).

A expressão "concreta feito em obras" deve ser entendida como a produção de concreto dentro dos limites do canteiro. Em obras, um concreto pode ser produzido a partir do emprego de betoneiras estacionárias com capacidade de misturas de um volume de concreto em cada operação definido a partir do emprego de um número inteiro de sacos de cimento, quanto pode ser produzido em modernas centrais misturadoras ou simplesmente dosadoras (ISAIA, 2011).

Já para Petrucci (1978), só poderá ser empregado em obras de pequena importância, o amassamento manual, onde o volume e a responsabilidade do concreto não justificam o emprego de equipamento mecânico.

Em pequenas cidades ou periferias de grandes cidades, não há serviços de uma empresa de serviços de concretagem, nestas será possível observar uma grande quantidade de concreto produzido em obra, em betoneiras estacionarias, ou ate mesmo concreto misturado manualmente (RECENA E PEREIRA, 2011).

A mistura mecânica é feita em máquinas especiais denominadas betoneiras, que são constituídas essencialmente por um tambor ou cuba, fixo ou móvel em torno de um eixo que passa pelo seu centro, no qual, por meio de pás, que podem ser fixas ou móveis, se produz a mistura. O misturador da betoneira produz um concreto muito homogêneo, sendo fácil de transportar e manusear (PETRUCCI, 1978).

De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015), no caso do concreto preparado pelo executante da obra, devem ser realizados ensaios de consistência sempre na primeira amassada do dia, quando ocorrer alterações na umidade dos agregados, ao reiniciar o processo após uma interrupção da jornada de concretagem por no mínimo duas horas, na troca dos operadores das betoneiras e cada vez que forem moldados corpos-de--prova. Estes procedimentos têm como objetivo controlar e garantir as especificações necessárias para a execução.

2.4 Ensaio de troco de cone

O ensaio de abatimento de tronco de cone ou slump test (ABNT, 1998) é amplamente empregado na construção civil para determinar a consistência do concreto fresco, a qual é um indicativo da trabalhabilidade do material ensaiado. Tal reconhecimento deve-se à facilidade e ao baixo custo da realização do ensaio. No entanto, a medida do abatimento por si só não é capaz de caracterizar completamente o comportamento reológico de materiais complexos, como concretos, argamassas, lamas, etc.

Para tanto, é necessário recorrer a ensaios reométricos, que exigem equipamentos de alto custo e mão de obra qualificada.

O método para determinar a consistência do concreto fresco através da medida de seu assentamento, em laboratório e obra, e regido pela NBR 67 (ABNT, 1998).

O método é aplicável aos concretos plásticos e coesivos que apresentem um assentamento igual ou superior a 10 mm, como resultado do ensaio realizado de acordo com a norma. O método não se aplica a concreto cujo agregado graúdo apresente dimensão nominal máxima superior a 37,5 mm pela (NBR 67, ABNT 1998).

2.5 Confecção do corpo de prova

Para comparação dos dados levantados em ensaios e que se tenha um melhor desempenho com a menor magem de erro, são produzidos um quantade de amotras previamente estabelcida. Os corpos de prova serão moldados de arcodo com NBR 5738 (ABNT, 2016), com altura de 20 cm e diamenteo de 10 cm. A leteral e a base destas formas serão de aço, resitente para menter sua forma durante a moldagem e sua base drá rigida e plana com mimensões que deixe estavel sua forma edurecida.

2.6 Ensaio de reistencia à compressão

Atoda-se nomanlmete como padrão a verificação dos resquisros minimos de projeto é a resistência à compração do concreto enducedo. Para o ensaio de resistência a compressão são moldos corpos de prova com um lonte de concreto, seguindo as orientaçoes da NBR 5738 (ABNT, 2016), e o ensaio segue a NBR 5739 (ABNT, 2018). Os resultaos são onbitodos com auxilio de leitura e medições de equipamentos.

3 METODOLOGIA

Conforme proposto como obejtivo desde trabalho, a metologia basea-se em progrma experimetal, em laborantorio, para que possam ser analisadas as propriedades dos concretos. Foram coletada amostra do concreto unsinada, para que possam ser comparados com concreto produzido no cantario de obra, ambos coletados na obra de conctrução de um posto de combustivel na cidade de Santarém estado do Pará.

3.1 Coleta de dados

Todos os dados desta pesquisa foram coletados durante a execução da obra de construção de um posto de combustível Regis, localizados na Rodovia Cuiabá, cidade de Santarém, estado do Pará. Onde parte do concreto foi produzido em central de dosagem e a outra parte produzida no próprio canteiro de obra, que segundo a NBR

12655 (ABNT, 2015), caracteriza as condições de preparo do concreto como sendo das condições B e C, respectivamente.

De acordo com a grande maioria das obras que utiliza duas formas de preparo de concreto, em geral o concreto produzido no canteiro de obra e para concretar vigas baldrame e pilares, o concreto usinados produzidos pelas centrais e para concretagem de lajes e vigas. A escolha da obra também depende de uma Anelise estrutural de projeto, pois deverá ter o mesmo Fck em todos os componentes da obra onde será estudo, para dar um melhor resultado de analise comparativa.

3.2 Procedimentos

De inicio de ser coletados os manterias no mento da concretagem, dos dois tipos de concreto que serão executados em dias diferentes, o procedimento de coleta deverá ser o mesmo para os dois tipos de concreto, porem em datas opostas.

O primeiro passo da coleta e fazer o ensaio de consistência pelo abatimento de troco de cone, de acordo e determinação da NBR 67 (ABNT, 1998), descrito no item 3.2.2 da referida norma.

Segundo passo moldagem dos corpos de provas de cada idade a ser analisada, no casa do estudo só serão analisados de 7 e 28 dias, e para cada tipo de ensaio, seguindo os procedimentos da NBR 5739 (ABNT, 2007) para os ensaios de rompimento por compressão. Foam prduzido 33 corpode prova, sendo 16 CP's para concreto usinado e 15 CP's para concreto produzindo no canteiro de obra.

3.3 Consitencia oelo Abatimeto de troco de cone

Realizado conforme NBR NM 67 (ABNT, 1998) - Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone.

3.4 Cofecção dos corpos de provas

Os corpos de prova de concreto usinado foram moldados in loco, ou seja confeccionados no local onde esta havendo a concretagem da obra, foram coletados a mostra de concreto direto do caminha betoneira, feito o ensaio de troco de cone segguindo orientação da NBR NM 67 (ABNT, 1998), e moldados os corpos de prova de acordo com NBR 5738 (ABNT, 2015).

As amostras de concreto produzindo no canteiro de obra, foran coletada direto da betoneira estacionaria locazado na propria obra. Apos a coleta foi relaizado o ensaio de troco de cone e moldado os corpos de prova conforme norma citada acima. Ambos os tipos temm moldes cilidrico e dimensões 10x20 cm, foram conferccionados

quatro amostras para 7 e 28 dias para ensaio de de resitencia à compressão no total de 16 amostras para concreto usinado e 15 para concrero produzindo na obra e amazendado em local fora do risto de contado com intempéris.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização das amostras analizadas

Para ambos os tipos de concreto foi exigido à produção de um concreto de resistência a compressão de 40 Mpa e slump 12 ± 2, o procedimento de ensaio de abatimento de troco de cone e modelagem dos corpos de prova foram o mesmo para ambos os tipos de concreto para que não houvesse distorção nos resultados.

As primeiras seriem para o ensaio de concreto foram produzidas pela central de concretagem Polimix Concreto - Santarém/Pará, foram coletados na chegado do caminha betoneira na obra e moldado na sequencia. Primeiro foi coletado uma quantidade de concreto para realização do abatimento de troco cone conforme orientação da NBR Nm 67 (ABNT, 1998), e na sequencia moldados os corpos de provas em conformidade a NBR 5738 (ABNT, 2015).

A segunda serie para o ensaio foi produzida no canteiro de obra, o concreto foi produzido por uma betoneira estacionaria, a qual será usada para fazer os demais serviços no canteiro de obra, com argamassa para parede de vedação e reboco.

Após se feita a mistura do concreto pela betoneira foi coletado uma quantidade de concreto para ensaio de abatimento pelo tronco de cone em conformidade com a NBR 67 (ABNT, 1998), e em seguida moldados os corpos de prova cumpridos os regimento da NBR 5738 (ABNT,2015).

Após o período de cura inicial os corpos de prova foram desformado e levando para o laboratorial de controle tecnológico da empresa FCK, onde foram catalogados e imergindo em tanque de água onde ficaram curando ate o dia do seu rompimento, sendo eles 7 e 28 dias.

4.2 Dosagem do traço

4.2.1 Dosaagem do concreto usinado

De acordo coma a usina que forneceu o concreto, o consumo de material para um metro cubico de concreto 40 Mpa foi: 250 Kg de cimento; 800 Kg de areia; 750 Kg de brita 01 e 100 a 110 litros de água.

Com os dados fornecidos pela concreteira, foi possível apresenta o traço do concreto usinado:

1	:	3,2	:	3	:	0,42
		cim	:	areia	:	brita 01 : água

Com relação a massa de cimento o traço apresenta-se :

50	:	160	:	150	:	21
Cim (Kg)	:	areia (Kg)	:	brita 01 (Kg)	:	água(L)

4.1.2 Dosaagem do concreto produzindo no canteiro de obra

Para a produção do concreto no canteiro de obra, o consumo do material para a produção de um concreto de 40 MPa foi observado no estande em que era colocada na betoneira estacionaria.

Como medida de controle foi utilizado um balde em substituição da padiola, com suas dimensções de 28x29 cm, observou-se que para cada balde de cimento, foram utilizados 3 balde com areia, 3 balde com brita 01 e cerca de 80% do volume do balde com água colocado dentro da betoneira estacionaria.

A partir das dimensões do balde foi possível calcular o traço do concreto produzido no canteiro de obra, que resultou em um volume de 0,017975 m^3.

Com os dados em mãos foi possível dosar o traço para a produção do concreto no canteiro de obra:

1	:	3	:	3	:	0,8
		cim	:	areia	:	brita 01 : água

Com relação a massa de cimento o traço apresenta-se :

50	:	139	:	157	:	40
Cim (Kg)	:	areia (Kg)	:	brita 01 (Kg)	:	água(L)

4.3 Resultados da resistência à compressão

Depois de realizados todos os ensaios de rompimento à compressão nas suas respectivas idades, os resultados obtidos para concreto produzido pela central de concreto descrito na tabela 01, e os resultados obtidos para o concreto produzido no canteiro de obra descrito na tabela 02.

Tabela 1 - Resistencia dos copos de prova concreto usinado

Idade (dias)	Resistência á compressão		Evol. Resistência (%)	Média das resistências (Mpa)	Média das resistências (%)
	Carga apli (Kgf)	Limite resit. (Mpa)			
7	126,2	19,1	40%	**20,15 MPa**	**50,38%**
7	178,9	22,8	57%		
7	152,5	19,4	49%		
7	175,5	22,3	56%		
28	207,9	26,5	66%	**27,40 MPa**	**68,50 %**
28	243,6	31	78%		
28	197,9	25,2	63%		
28	210,8	26,9	67%		

Fonte: autoria própria

Tabela 2 - Resistencia dos copos de prova concreto produzido no canteiro de obra

Idade (dias)	Resistência á compressão		Evol. Resistência (%)	Média das resistências (Mpa)	Média das resistências (%)
	Carga apli (Kgf)	Limite resit. (Mpa)			
7	211,4	26,8	67%	**23,08 MPa**	**57,69%**
7	198,2	24,1	60%		
7	15529	20	50%		
7	167	21,4	53%		
28	247,3	31,5	79%	**31,63 MPa**	**79,06 %**
28	255,3	32,5	81%		
28	240,7	30,7	77%		
28	249,3	31,8	80%		

Fonte: autoria própria

Em cada rompimento foram obtidas quatro amostras, para uma melhor amostragem e foram desconsideradas as amostras que mais fugiram do padrão.

Como mostra a tabelas 01 e 02 tanto o concreto usinado e o concreto produzido no canteiro de obra foram reprovados quanto à resistência solicitada de projeto que era de 40 MPa, mas o concreto produzido no canteiro de obra teve um melhor desempenho quanto sua resistência com uma diferencia 10,56% do concreto usinado.

4.4 Resultados do concreto usinado

Conforme mostra a tabela 01, o concreto produzido na central não teve resultado esperado em resistência aos 28 dias de cura. Pode ter ocorridos um serre de fatores, que não vem ao caso desta pesquisa analisar. O fato que o mesmo obteve apenas 57,69 de resistência aos 28 dias de cura e a resistência de projeto solicitou 40 Mpa.

4.5 Resultados do concreto produzido no canteiro de obra

Conforme mostra a tabela 02, o concreto produzido no canteiro de obra teve um melhor desempenho que o concreto usinado neste caso. Mas mesmo assim também foi reprovado quando sua resistência aos 28 dias de cura, também pode ter ocorrido em números fatores para o ocorrido, que também não cabe a esta pesquisa avaliar.

4.6 Analise de custo

Para analise de custo, foi levado em consideração o traço em massa apresentados em relação à massa de cimento.

Então foi feita uma pesquisa de preço na cidade de Santarém-PA, no formato de pesquisa de campo com três empresas que vende matareis de construção, conforme mostra tabela 03 baixo.

Tabela 3 - Custo dos matarias constituintes do concreto

Insumo	Unidade	Empresa A (R$)	Empresa B (R$)	Empresa C (R$)
Cimento	SC	40	42,99	41,99
Areia	m³	300	320	315
Brita	m³	120	130	125

Fonte: autoria própria

Para uma visualização mais resumida de cada insumo elaborou-se uma média dos valores repassados pelas empresas, representado na tabela 04 abaixo.

Tabela 4 - Custo médio das matérias constituintes do concreto

Insumos	Unid.	Custo (R$)
Cimento	SC	41,66
Areia	m³	310,67
Brita	m³	125

Fonte: autoria própria

4.6.1 Custo para o concreto usinado

Tendo com base o traço em massa obtivemos os seguintes custos para os materiais constituintes do concreto usinado:

- Cimento: R$ 41,66
- Areia: R$ 19,42
- Brita: R$ 12,00

O custo dos materiais para um traço de 50 Kg de cimento e de R$ 73,08.

4.6.2 Custo para o concreto produzindo no canteiro de obra

Tendo com base o traço em massa obtivemos os seguintes custos para os materiais constituintes do concreto produzido no canteiro de obra:

- Cimento: R$ 41,66
- Areia: R$ 22,35
- Brita: R$ 12,56
- Mão de obra: R$ 1,72

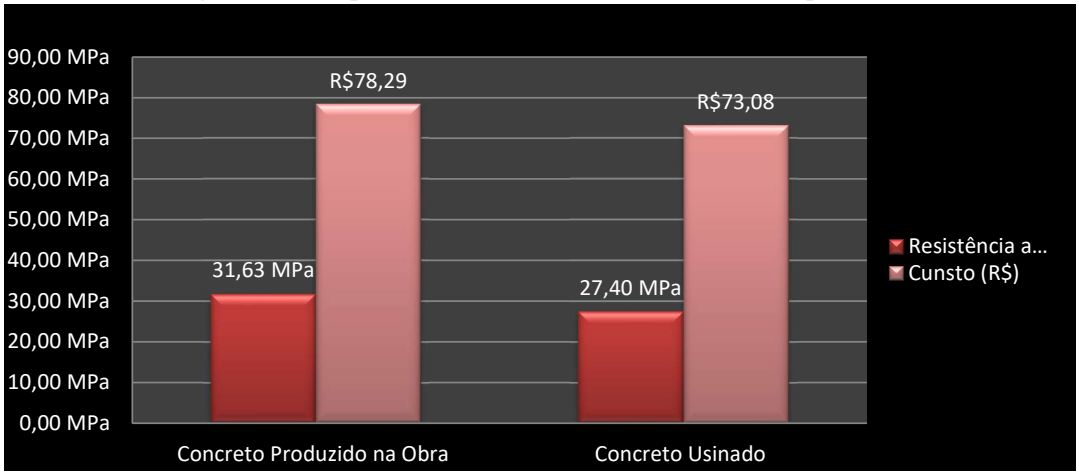
O custo dos materiais para um traço de 50 Kg de cimento e de R$ 78,29.

4.6.2 Analise de custo em relação a resitência característica á compreção

Para nenhum dos dois tipos de traço foi levando em consideração o custo de água e de energia elétrica na utilização de produção do concreto.

Após a analise de custo dos materiais foi identifica um pequena diferencia de custo entres os dois tipos de concreto, comparado a preço de custo. Mas comparando com a resistência à compressão o custo foi muito elevado, há vista que o concreto solicitado de projeto foi 40 Mpa, como forme mostra a figura 01 abaixo.

Figura 1 - Comparação entre custo e resistência à compressão



Fonte: autoria própria

Percebe-se que o concreto produzido no canteiro de obra apresenta um custe de apenas 1,07% a mais do que o concreto usinado, porem sua resistência e superior 1,15 % em relação ao concreto usinado.

Em comparação de custo de produção dos concretos por Mpa de resistência à compressão obteve-se:

- Concreto usinado:

1 Mpa = R$ 2,66

- Concreto produzido no canteiro de obra :

1 MPa = R$ 2,47

O custo de produção de 1 MPa concreto usinado custa 7,15 % do valor de produção de 1 MPa do concreto produzindo no canteiro de obra.

5 CONCIDERAÇOES FINAIS

Todos os resultados obtidos neste trabalho são considerados satisfatório, pois mostraram a realidade que se encontra não só a obra estudada, mais de uma forma geral as outras obras da nossa região.

Conforme pode ser observado os dois tipos de concreto não chegaram na resistência desejada de 40 MPa, mas no entanto o concreto produzido no canteiro de obra tem um desempenho melhor que o produzido por uma central de dosagem. E pode ser observa que o consumo de material não foi diferente em ambos os tipos de concreto, que de fato não possa explica tal diferencia de resultado de resistência á compressão de ambos.

Observou-se que o concreto usinado não atendeu a resistência exigida em projeto que era de 40 MPa, o mesmo apresentou um resistência característica á compressão 27,40 MPa na idade de 28 dias.

Já o concreto produzindo no canteiro de obra com auxilio de uma betoneira estacionaria teve um melhor em ralação ao concreto usinado, mas também não atendeu a resistência exigida de projeto de 40 MPa, o mesmo apresentou um resistência característica à compressão de 31,63 MPa na idade de 280 dias.

O que pode explica este fato discrepante dos dois tipos de produção de concreto não atingir a resistência de projeto, podemos cintar a falta de ensaios de granulometria dos materiais e o aumento inversamente proporcional do fator água/cimento.

Em ralação os custos de produção de ambos os tipos de produção de concreto não há uma diferencia que justifique a escolha por um ou pro outo, oque deve se levando

como critério de avaliação e a resistência que ambos apresentaram, e nesse caso o que apresentou o melhor desempenho foi o concreto produzindo no canteiro de obra.

E na atual realidade do mundo com as questões sanitárias, concentra renda não ajuda a economia local, mas sim fazer o dinheiro circular no município e na região. Comprado o concreto usinado estamos contribuindo para concentração dos recursos do município ir para outra região, e produzindo o concreto no canteiro de obra que caso desta peque mostrou um melhor desempenho, terá um contribuição de geração de mais emprego e uma grande ajuda para economia local.

REFERÊNCIAS

MARCOS ANTONIO M. ALCANTATARA, estudos do concreto como material, São Carlos - Br , 2016.

ANDRADE, Walton Pacelli de. Concretos – massas, estrutural, projetado e compactado com rolo. São Paulo: ed. PINI, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇO DE CONCRETAGEM. O que é concreto dosado em central. Disponível em: Acesso em: 19/04/2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Básico sobre cimento. Disponível em: < http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/basico/basico-sobrecimento#.VRhec_zF9Cg > Acesso em: 29/03/2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Agregados para concreto - Especificação. NBR 7211. Rio de Janeiro, 2005.

Água para amassamento do concreto. NBR 15900. Rio de Janeiro, 2009.

Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. NBR 7222. Rio de Janeiro, 2011.

Concreto – Amostragem de concreto fresco. NBR NM 33. Rio de Janeiro, 1998.

Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. NBR NM 67. Rio de Janeiro, 1998.

Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. NBR 12655. Rio de Janeiro, 2015.

Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa especifica, por grupos de resistência e consistência. NBR 8953. Rio de Janeiro, 2015.

Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. NBR 5739. Rio de Janeiro, 2007.

Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. NBR 5738. Rio de Janeiro, 2015.

Projeto de estrutura de concreto - Procedimento. NBR 6118. Rio de Janeiro, 2014.

ASSUNÇÃO, José Wilson. CURVAS DE DOSAGENS PARA CONCRETOS CONVENCIONAIS E ADITIVADOS CONFECCIONADOS COM MATERIAIS DA REGIÃO NOROESTE DO PARANÁ. 2002. Dissertação de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

NEVILLE, Adam Mathew. Propriedades do concreto. 2ª ed. Tradução: Salvador E. Giammusso. São Paulo: Ed. Pini. 1997. 828 p.

PETRUCCI, Eladio G. R. Concreto de Cimento Portland. 5. ed. rev. Porto Alegre: Ed. Globo, 1978.

RECENA, Fernando A. P.; PEREIRA, Fernanda Macedo. Produção e controle doe concretos em obra. In: CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2011. vol 1.

REGATTIERI, Carlos Eduardo Xavier; MARANHÂO, Flávio Leal. Produção e controle de concreto dosado em central. In: CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2011. vol 1.

RODRIGUES, Públio Penna Firme. Parâmetros de dosagem do concreto. ET-67. São Paulo: ABCP, 2005.

SCHNEIDER, Sergio; SCHIMITT, Cláudia Job. O uso do método comparativo nas Ciências Sociais. Cadernos de Sociologia, Porto Alegre, v. 9, p. 49-87, 1998.

SINDUSCON-RS. Salários médios. Disponível em: < http://www.sinduscon-rs.com.br/wpcontent/uploads/2015/06/SAL%C3%81RIOS-MEDIOS-SETEMBRO-2015.

pdf> Acesso em: 18/10/2015 YAZIGI, Walid. A técnica de edificar. 10. ed. rev. atual. São Paulo: ed. PINI, 2009.

BATTAGIN, Arnaldo Forti. Cimento Portland. In: CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2011. vol 1.

BAUD, G. Manual de Construção – tecnologia da construção – materiais - cálculos. 2. Ed. São Paulo: ed. Hemus, 199-?.

BAUER, Luis A. Falcão. Materiais de Construção. 5. ed. rev. Rio de Janeiro: Ed. LTC, 2001.

BUENO, Eduardo Suliman. AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DOS AGREGADOS BRITADOS PRODUZIDOS NA REGIÃO DE IJUÍ - RS. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2008.

FUSCO, Péricles Brasiliense. Tecnologia do concreto estrutural. 1. Ed. São Paulo: ed. PINI, 2008.

GODOY, Arilda Schmidt. Pesquisa Qualitativa - Tipos Fundamentais. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 35, n.3, p, 20-29, mai./jun. 1995.

HARTMANN, Carine et al. Aditivos químicos para concretos e cimentos . In: CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2011. vol 1.

HEEMANN, Frederico Waechter. SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADO NATURAL EM ARGAMASSA POR AREIA ARTIFICIAL. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2014.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. Concreto de Cimento Portland. In: MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E PRINCÍPIOS DE CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2007. vol 2.

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. Manual de Dosagem e Controle do Concreto. São Paulo: ed. PINI, 1993.

ISAIA, Geraldo Cechella. A água no concreto. In: CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2011. vol 1.

MATTOS, Aldo Dórea. Planejamento e controle de obras. São Paulo: ed. PINI, 2010.

NETO, Claudio Sbrighi. Agregados Naturais, britados e artificiais para concreto. In: CONCRETO: CIÊNCIA E TECNOLOGIA. Ed. G. C. ISAIA. – São Paulo: IBRACON. 2011.

CAPÍTULO 13

CONSTRUÇÃO DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS E SUAS FALHAS

CONSTRUCTION OF GAS STATIONS AND THEIR FAILURES

Arlisson Silva Sousa[1]
Fernando Wyllian Imbeloni Simoes Pantoja [2]
Ricardo Vitor Pereira da Rocha[3]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.13

1 UNAMA, aguiararlisson@hotmail.com
2 UNAMA, fernandopantoja91@hotmail.com
3 UNAMA, ricardorocha. prof@gmail.com

RESUMO

O presente artigo possui como objetivo identificar e analisar os aspectos e os impactos ambientais causados por falhas na construção de postos de combustíveis, assim como pelas suas respectivas obras de recuperação e os possíveis impactos ambientais causados no lençol freático e no solo em detrimento da construção de postos e combusteis. Diante da complexidade encontrada na discussão de sustentabilidade no setor de abastecimento de combustíveis e da construção civil, releva-se a importância de um estudo sobre os impactos ambientais decorrentes de falha no setor de abastecimento (postos de combustível) e das etapas das suas respectivas obras de remediação, visando controlar e mitigar os impactos finais. Para tanto, algumas questões serão abordadas como: a construção de postos de combustíveis gera impactos no meio ambiente; apenas falhas executivas dos postos de combustíveis geram impactos ambientais irreversíveis; a construção dos postos de combustíveis gera impacto apenas nos recursos hídricos e no solo.

Palavras-chave: Postos de combustível; Construção; Impactos ambientais.

ABSTRACT

This article aims to identify and analyze the environmental aspects and impacts caused by failures in the construction of gas stations, as well as by their respective recovery works and the possible environmental impacts caused on the water table and on the soil to the detriment of the construction of gas stations and fuels. In view of the complexity found in the discussion of sustainability in the fuel supply and civil construction sector, the importance of a study on the environmental impacts resulting from failure in the supply sector (gas stations) and the stages of their respective works is highlighted. remediation, aiming to control and mitigate the final impacts. To this end, some issues will be addressed, such as: the construction of gas stations generates impacts on the environment; only executive failures at gas stations generate irreversible environmental impacts; the construction of gas stations only impacts water resources and the soil.

Keywords: Fuel stations; Construction; Environmental impacts.

1 INTRODUÇÃO

O contexto econômico atual caracteriza-se por uma rígida postura dos clientes, voltada à expectativa de interagir com organizações que sejam éticas, com boa imagem institucional no mercado, e que atuem de forma ecologicamente responsável. (TACHIZAWA apud HEUSER, 2007).

No Brasil e em outros países desenvolvidos a preocupação com os danos e contaminações ambientais é decorrente, dentre os quais podem-se destacar os problemas causados por vazamentos de tanques subterrâneos de combustíveis automotores. A maior parte desses acidentes são provocados pela corrosão dos tanques, representando um perigo tanto à saúde da população, quanto risco de explosão e fogo, e fundamentalmente a contaminação do lençol freático.

O ramo de postos revendedores de combustível pode ser dividido em duas categorias diferentes, os postos Cidade e os postos Estrada, classificados de acordo com as atividades neles desenvolvidas. Os postos Cidades são mais voltados para atender às necessidades da população urbana, enquanto os postos Estrada são mais voltados a atender às necessidades dos viajantes e dos caminhoneiros. Isso implica diretamente na estrutura dos estabelecimentos, pois enquanto o primeiro localiza-se em perímetro urbano e possuem estruturas menores, o segundo concentra-se geralmente junto às estradas e possui uma estrutura relativamente maior em função até da disponibilização de estacionamentos para os veículos (SANTOS, 2005).

Entre os anos de 1996 e 2001, os postos revendedores de combustíveis tiveram um aumento na sua receita líquida de 39,9%. No entanto, os salários médios caíram 11,4%. Os dados da Pesquisa Anual de Comércio (PAC), do IBGE, estimaram 1,3 milhões de empresas comerciais em atividade em 2001, gerando uma receita líquida de revenda de quase 500 bilhões de reais e ocupando 5,8 milhões de pessoas (IBGE, 2001).

O Brasil atualmente é considerado o 4º maior consumidor mundial de combustíveis e o país onde se encontra o 8º maior parque de refino do mundo. No ano de 2015 o mercado brasileiro gerou 116 bilhões de litros de combustíveis para transporte.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo Rocha (2004), os impactos ambientais que podem ser causados pelos postos de combustíveis se classificam em quatro tipos: o primeiro é o impacto causado pela contaminação humana por hidrocarbonetos através do contato com o combustível e pela aspiração dos gases dos próprios combustíveis e os emitidos pelos veículos automotivos; o segundo é a contaminação dos solos por hidrocarbonetos provocados na maioria das vezes por vazamentos; o terceiro tipo são os impactos causados quando da ocorrência de um incêndio que podem causar danos graves às pessoas e ao meio ambiente, pois jogam na atmosfera gases prejudiciais e tóxicos; e por fim o quarto tipo de impacto são os causados pelos resíduos perigosos gerados pelos postos de serviços. Para Santos (2005), os impactos ambientais causados por esses resíduos provenientes da atividade de posto de combustível podem ser controlados e/ou evitados, desde que se invista em equipamentos mais adequados, implementação de novas tecnolo-

gias menos impactantes para controle ambiental e desempenho ambiental operacional melhorado.

Considerando que sistemas de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis, configuram-se como empreendimentos potencialmente ou parcialmente poluidores e geradores de acidentes ambientais o CONAMA publicou a resolução 273, a qual dispõe sobre a instalação e operação de postos de combustíveis.

Em decorrência da poluição ambiental provocada por combustíveis derivados de petróleo e álcool, promoveu-se a edição de leis, decretos, resoluções e normas para proteção, como também o monitoramento da qualidade do solo e dos recursos hídricos nas áreas de influência dos postos de combustíveis. No âmbito federal, a questão de controle de impactos ambientais referentes à poluição causada por postos de combustíveis é normatizada em um amplo amparo legal. Essas leis surgiram para atribuir responsabilidades aos empreendimentos potencialmente impactantes no que se referem à tomada das devidas precauções cabíveis. A contaminação ambiental é considerada crime ambiental pela Lei Federal 9.605/98, regulamentada pelo Decreto 3.179/99.

A legislação brasileira obriga todos os postos de revenda de combustíveis a serem devidamente licenciados pelos órgãos ambientais competentes após cadastramento do mesmo Um recadastramento realizado pela ANP em 2002 revogou os registros dos estabelecimentos que não atendiam às leis e regulamentos que regem esta atividade. Desta forma, no final do ano, foi verificada a existência de 29.804 postos no país, sendo que a maioria foi construída na década de 70. Com uma média de vida útil de 25 anos para tanques subterrâneos, supõe-se que eles já estejam comprometidos. Neste artigo, propõem-se analisar os principais impactos ambientais decorrentes das atividades realizadas em postos de combustíveis: contaminação humana, contaminação do solo e das águas subterrâneas, incêndio e geração de resíduos, relacionando-os com os aspectos legais e algumas medidas mitigadoras.

A rede varejista brasileira distribui comumente três tipos de combustíveis líquidos: gasolina, diesel e álcool. As atividades em um posto de revenda de combustível são bastante diversificadas e envolvem não só o abastecimento, mas também troca de óleo, lavagem de veículo, entre outras. Portanto, pode-se denominá-lo posto revendedor de combustíveis derivados de petróleo, álcool e prestação de serviços.

Os produtos derivados do petróleo, como a gasolina e o óleo diesel, representam uma importante fonte de contaminação do meio ambiente nos centros. Em todo mundo, em particular nas grandes metrópoles, tem crescido a preocupação ambiental com as atividades de revenda e de abastecimento de combustíveis líquidos, uma vez que tais atividades apresentam um alto potencial poluidor do solo e da água subterrânea,

particularmente naquelas regiões onde os deslocamentos são fortemente estruturados no transporte individual por veículos de passeio, em detrimento de outras formas de transporte coletivo e de massa.

Um dos impactos ambientais que as atividades de postos de combustíveis podem ocasionar é contaminação do solo através de derramamento de combustíveis ou vazamentos dos tanques de armazenamento de combustíveis enterrados no solo, que podem atingir o lençol freático ocasionando a contaminação da vizinhança através dos poços usados como fonte de abastecimento de água pelas pessoas.

Em um derramamento de gasolina, uma das principais preocupações é a contaminação de aquíferos, por ser muito pouco solúvel em água, a gasolina derramada, contendo mais de 400 componentes, inicialmente estará no subsolo como líquido de fase não aquosa (NAPL). Em contato com a água subterrânea, a gasolina se dissolverá parcialmente. Os hidrocarbonetos mono aromáticos: benzeno, tolueno e xilenos, chamados BTEX são os componentes presentes na gasolina que possuem maior solubilidade em água e, portanto, são os primeiros contaminantes a atingir o lençol freático. Estes compostos são considerados substâncias perigosas por serem depressoras do sistema nervoso central. O benzeno é comprovadamente carcinogênico podendo causar leucemia.

A gasolina comercializada no Brasil é misturada com álcool em proporções que variam de 20 a 30%, de acordo com legislação em vigor. Isto a diferencia das gasolinas comercializadas em outros países, as quais não são misturadas a compostos oxigenados. As interações entre o etanol e BTEX podem causar um aumento da mobilidade e solubilidade, além de dificultar a biodegradação natural destes compostos.

Compostos oriundos de diesel e óleos lubrificantes possuem cadeias mais longas, o que contribui para menor mobilidade e solubilidade em água, quando comparados à gasolina. Os PAH´s (hidrocarbonetos aromáticos policíclicos) são componentes presentes no diesel e óleo lubrificante também considerado de potencial carcinogênico.

Considerando que sistemas de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis, configuram-se como empreendimentos potencialmente ou parcialmente poluidores e geradores de acidentes ambientais o CONAMA publicou a resolução 273, a qual dispõe sobre a instalação e operação de postos de combustíveis. Segundo o art.3º desta resolução, os equipamentos e sistemas destinados ao armazenamento e a distribuição de combustíveis automotivos, assim como sua montagem e instalação, deverão ser avaliados quanto à sua conformidade, no âmbito do Sistema Brasileiro de Certificação. Previamente à entrada em operação e com periodicidade não superior a cinco anos, os equipamentos e sistemas deverão ser testados e ensaia-

dos para a comprovação da inexistência de falhas ou vazamentos, segundo procedimentos padronizados.

A contaminação humana pode ocorrer por contato dos combustíveis pela pele, via oral ou via respiratória. Os funcionários de postos de serviços que trabalham em contato com os combustíveis formam um grupo de risco devido a algumas características dos produtos, ou seja, estão susceptíveis a adquirir doenças na pele (dermatites) e conforme a natureza de alguns componentes serem classificados como carcinogênicos, podem causar modificações cito genéticas e levá-los a câncer e leucemia.

Na ocorrência de incêndios ocasionados pelas atividades de postos de combustíveis, os efeitos são bastante prejudiciais aos funcionários, clientes, proprietários e vizinhança, podendo causar vítimas fatais. Os principais danos humanos são queimaduras e intoxicação por gases.

As ações mitigadoras para este impacto são principalmente preventivas, ou seja, o As questões relacionadas à geração de resíduos das atividades comerciais, em especial as dos postos de abastecimento de combustíveis, são cada vez mais preocupante dado a suas características potencializadas pela contaminação com substâncias derivadas de hidrocarbonetos.

Dentre os diversos resíduos gerados em um posto de abastecimento de combustível, destacam-se: embalagens de papelão, embalagens Plásticas de Óleo Lubrificante, embalagens Metálicas de Óleo Lubrificante, garrafas PET, filtros de óleo, filtros de Combustível, filtro de ar, óleo lubrificante, terra contaminada com óleo, panos e estopas usadas contaminadas. O não acondicionamento correto desses resíduos gerados pelo posto acarreta em acidente ao meio ambiente e aos seres humanos.

Os óleos são uma ameaça constante ao meio ambiente, vista que 85% dos postos possuem troca de óleo e que as embalagens contêm resto de óleo dentro do recipiente e esse óleo é mundialmente considerado como produto maléfico ao meio ambiente e a saúde pública, estando inserido na "Classe I dos Resíduos Perigosos", por apresentar toxidade, conforme a classificação da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, de 2004 através da Norma Brasileira Registrada – NBR, 10.004 e a Resolução 09 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA de 1993.

Constitui crime ambiental não só o descarte em local inapropriado como também comercializar, fornecer, transportar, queimar ou dar destino que não seja reciclagem através do refino. De acordo com a Resolução 257 (CONAMA, 2002), todos os postos devem dar seu destino adequado aos seus resíduos tóxicos, o descumprimento dessa

resolução resultará para o proprietário a pena de multa de R$ 1.000 a R$ 50.000,000 previsto na Lei 9.605/98 (lei dos crimes ambientais).

3 METODOLOGIA

A pesquisa é caracterizada pela abordagem comparativo-qualitativa, na qual serão feitos estudos. Foram realizadas consultas a monografias, dissertações, teses, artigos técnicos específicos, normas técnicas e leis, afim de identificar conceitos ligados a aspectos e impactos ambientais causados pelo setor de abastecimento de combustíveis e pelo setor da construção civil.

Para saber se é possível ou não construir no seu terreno uma determinada atividade, no caso, um posto de combustíveis, a legislação municipal deverá ser consultada. Além disso, a Certidão de Viabilidade emitida pelo município indicará a disponibilidade ou não da construção de um novo empreendimento naquele local.

Além das licenças ambientais exigidas, o revendedor precisa realizar os procedimentos conforme as regras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A ABNT impõe uma grande quantidade de regras que tratam de procedimentos a serem adotados para o armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis, sendo alguns específicos para os postos. O processo de verificação de um posto de combustíveis começa pela manutenção operacional, conforme a NBR 15594-3, de 2008:

ABNT NBR 15594-3: 2008 — estabelece quais devem ser os procedimentos mínimos para uma manutenção segura e ambientalmente adequada para o posto de combustível, e serve de referência para um plano de manutenção e constante verificação.

Saiba quais são as outras normas da ABNT de interesse ao ramo de combustíveis e líquidos inflamáveis:

ABNT NBR 15428:2006 — Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis — Manutenção de unidade de abastecimento.

ABNT NBR 15456:2007 — Armazenamento de líquido inflamável e combustíveis — Construção e ensaios de unidade de abastecimento.

ABNT NBR 15594-1:2008 — Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis — Posto revendedor de combustível veicular (serviços) — Parte 1: Procedimento de operação. Essa norma ganhou uma emenda em 2015.

ABNT NBR 15594-3:2008 — Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis — Posto revendedor de combustível veicular (serviços) — Parte 3: Procedimento de manutenção.

ABNT NBR 7148:2013 — Petróleo e derivados de petróleo — Determinação da massa específica, densidade relativa e °API — Método do densímetro.

ABNT NBR 13787:2013 — Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis — Procedimento de controle de estoque dos sistemas de armazenamento subterrâneo de combustíveis (SASC).

ABNT NBR 14606:2013 — Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis — Entrada em espaço confinado em tanques subterrâneos e em tanques de superfície.

ABNT NBR 15594-6:2013 — Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis — Parte 6: Operação e manutenção — Lavagem automotiva.

ABNT NBR 14639:2014 — Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis — Posto revendedor veicular (serviços) e ponto de abastecimento — Instalações elétricas.

Procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais. Surgiu como um mecanismo de prevenção às atividades potencialmente poluidoras, modificadoras do ambiente ou que utilizam recursos naturais. É o instrumento de gestão instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente, de utilização compartilhada entre a União e os Estados da federação, o Distrito Federal e os Municípios. Constituído pela Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981, com a finalidade de promover o controle prévio à construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, sob qualquer forma causar degradação ambiental, e estabeleceu a competência para a obtenção da licença ambiental comum das três esferas de governo para o licenciamento ambiental. O artigo 10, da PNMA define as atividades e os empreendimentos que dependerão de prévio licenciamento:

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A exigência de licenciamento tem resguardo na Constituição Federal e está regulada pela legislação. A Constituição da República não traz expressamente o termo "licenciamento ambiental", mas institui ao Poder Público, no inciso IV do parágrafo único do artigo 225, "o dever de exigir e dar publicidade ao estudo prévio de impactos ambientais, para a instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente".

Segundo a Lei Federal 10.165, os postos distribuidores de combustível, mantêm uma atividade com alto potencial de poluição e de grande utilização de recursos naturais. No entanto, até a década de 90, empresários de tais empreendimentos não obtinham licenças ambientais para dar início as atividades, tiravam apenas uma licença na prefeitura para o início da construção, já que não havia muita cobrança por parte dos órgãos ambientais. (SORATO et al., 2007). Com preocupação, e precaução, normas ambientais específicas, foram criadas para a instalação e operação destas atividades, gerando a necessidade de requerer ao órgão ambiental competente o licenciamento ambiental, que foi uma forma encontrada pelos órgãos governamentais para controlar as atividades potencialmente poluidoras do meio ambiente. A Resolução CONAMA 273/2000 é a norma ambiental competente que regulamenta, a nível federal, o licenciamento ambiental para postos de abastecimento, sistemas retalhistas, posto revendedor e posto flutuante, em seu Art. 4°, será exigido do posto de combustível, para poder operar.

Dentre os impactos causados pelos postos com falha de execução estão: incêndios ou explosões, causadas pelo manejo incorreto de produtos químicos ou fontes inflamáveis; emissão de substâncias químicas, impactando a qualidade do ar local; alto consumo de água usado na lavagem de automóveis, afetando o abastecimento hídrico de água; contaminação dos recursos naturais pelos principais resíduos resultantes vindos da lavagem de veículos e do pátio no posto

Você sabe para onde vão a água usada na lavagem de carros, os frascos de óleo usados, os lubrificantes substituídos, as estopas e os materiais recolhidos na caixa de areia? Saber responder a essa questão é fundamental para uma boa gestão ambiental do posto.

REFERÊNCIAS

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos.** Lei no 6.938, de 31 de Agosto de 1981. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Casa Civil. Subchefia para assuntos jurídicos. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988.** Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm >

BRASIL. Cartilha de licenciamento ambiental. **Tribunal de Contas da União; com colaboração do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. –** 2. ed. -- Brasília: TCU, 4ª Secretaria de Controle Externo, 2007.

BRASIL. **Lei Complementar n.º 140, de 8 de dezembro de 2011.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9/12/2011. Disponível < http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/LEIS/LCP/Lcp140.htm>

CONAMA. Resolução n.º 237, de 19 de dezembro de 1997. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22/12/1997. Disponível em < http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237 >

CONAMA, Resolução Nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em < http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html >

CONAMA, **Conselho Nacional do Meio Ambiente <** http://www.mma.gov.br/conama>

DOS SANTOS VIEIRA, Thalita Brenda et al. Química Ambiental Em Postos De Combustíveis E Oficinas Mecânicas: Uma Abordagem Educacional**. Revista Ciências & Ideias** ISSN: 2176-1477, v. 11, n. 2, p. 106-124, 2020.

LORENZETT, Daniel Benitti; ROSSATO, Marivane Vestena. **A gestão de resíduos em postos de abastecimento de combustíveis.** Revista Gestão Industrial, v. 6, n. 2, p. 110-125. Ponta Grossa, PR.2010.

NAGAMATSU, F. A. et al. **Responsabilidade Ambiental em Postos de Combustíveis.** V Siar& III SIACC Pereira Barreto, SP. Brasil 25 a 27 de Outubro de 2006.

SANTOS. R. J. S dos. **A Gestão Ambiental Em Posto Revendedor De Combustíveis Como Instrumento De Prevenção De Passivos Ambientais.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro. 2005

VENANCIO, Tania Luciane; DE SOUSA VIDAL, Carlos Magno; MOISA, Rubia Elaine. Avaliação da percepção da importância da gestão ambiental em postos de combustíveis localizados na cidade de Irati, Paraná An assessment of the perception of the environmental management importance in vehicle service facilities in the city of Irati, Paraná**. AMBIÊNCIA,** v. 4, n. 3, p. 397-417, 2008

CAPÍTULO 14

ESTUDO DAS VARIAÇÕES DE TENSÃO EM UMA UNIDADE CONSUMIDORA DE ENERGIA ELÉTRICA, ATENDIDA EM BAIXA TENSÃO, NA CIDADE DE SANTARÉM, OESTE DO PARÁ, BRASIL

STUDY OF VOLTAGE VARIATIONS IN A CONSUMER UNIT OF ELECTRICITY, MET IN LOW VOLTAGE, IN THE CITY OF SANTARÉM, WEST OF PARÁ, BRAZIL

Celso Luiz de Sousa Andrade[1]
Clécio Tabaraná da Silva[2]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.14

1 Centro Universitário da Amazônia. https://orcid.org/0000-0002-7004-4637. Celso.andradecelpa@gmail.com
2 Centro Universitário da Amazônia. https://orcid.org/0000-0002-5339-300X. 040700416@prof.unama.br

RESUMO

O presente artigo apresenta um estudo das variações de tensão em uma unidade consumidora da cidade de Santarém, no oeste do estado do Pará. Sendo que, o objetivo principal foi monitorar e qualificar a tensão fornecida, identificando possíveis distúrbios e propondo ações de melhorias. O método utilizado na pesquisa possui caráter descritivo em uma abordagem quantitativa, tendo como parâmetro principal a tensão elétrica. A coleta dos dados para o estudo se deu através de medições gráficas, obtidas por meio de um equipamento analisador de tensão instalado no ponto de entrega da unidade consumidora. Medições que foram processadas por um software, o qual forneceu um relatório com o diagnóstico referente aos níveis de tensão fornecidos e a conformidade com os parâmetros regulados. Nesse contexto, concluiu-se que durante o período de medição, a energia fornecida à unidade consumidora, estava em situação crítica, violando os indicadores de conformidade dos níveis de tensão. Essa situação se deu em decorrência das constantemente variações de tensão, tanto de curta como de longa duração, a qual a unidade consumidora estava sendo submetida. Sendo as sobretensões sustentadas as mais relevantes.

Palavras chaves: Unidade Consumidora. Inconformidade. Medição Gráfica.

ABSTRACT

This article presents a study of tension variations in a consumer unit in the city of Santarém, in the west of the state of Pará. The main objective was to monitor and qualify the tension provided, identifying possible disturbances and proposing improvement actions. The method used in the research has descriptive character in a quantitative approach, having as main parameter the electrical voltage. Data collection for the study was through graphical measurements, obtained through a voltage analyzer equipment installed at the delivery point of the consuming unit. Measurements that were processed by a software, which provided a report with the diagnosis regarding the voltage levels provided and compliance with the regulated parameters. In this context, it was concluded that during the measurement period, the energy supplied to the consumer unit was in a criticism situation, violating the indicators of compliance of voltage levels. This situation occurred due to the constant variations in tension, both short and long-term, to which the consumer unit was being subjected. The sustained overvoltages are the most relevant.

Keywords: Consumer Unit. Nonconformity. Graphical Measurement.

1 INTRODUÇÃO

Sem dúvida a energia elétrica se tornou algo essencial e benéfico para humanidade. Sua intensa utilização serve de base para o desenvolvimento de qualquer atividade, seja na área da economia, como também nas áreas social e ambiental. Portanto, não é de se admirar que o crescimento de um país seja diretamente proporcional ao quanto de energia pode disponibilizar para o consumo doméstico de seus cidadãos e para seus empreendimentos comerciais e industriais. Até porque o implemento de qualquer atividade dentro de qualquer área de uma sociedade, somente é possível por meio das mais diversas formas de energias disponíveis.

Entretanto, o desenvolvimento de uma sociedade, regada ao consumo abundante de energia elétrica, passa a trazer implicações em algo que é muito importante para esse crescimento, que é a qualidade da energia distribuída e consumida. Pois, essa mesma energia que realiza grandes transformações, pode gerar dificuldades e prejuízos se for de má qualidade.

Os distúrbios na qualidade da energia elétrica têm mobilizado esforços de pesquisadores de todo o mundo na busca de soluções tanto para suas causas quanto para os efeitos sobre o sistema elétrico de potência e a equipamentos que se encontram interligados a ele, através das unidades consumidoras. Entretanto, na região oeste do Pará, as pesquisas relacionadas a esse tema, ainda são muito restritas.

Diante desse cenário, surgiu a proposta de se realizar um trabalho em que se pudesse monitorar e analisar a qualidade da energia elétrica consumida em uma unidade consumidora da cidade de Santarém. O objetivo foi determinar possíveis ocorrências de variações de tensão e conhecer suas causas, propondo ações no intuito de reduzi-las. Entretanto, a maior relevância está em fornecer dados e parâmetros para que outros pesquisadores possam futuramente se basear e ampliar os estudos neste tema que é de grande relevância social nessa região. Pois, os efeitos produzidos pela má qualidade da energia na região oeste do Pará, afetam não somente o sistema da concessionária local e seus equipamentos de rede, mas também os equipamentos elétricos instalados nas unidades consumidoras, principalmente as residenciais. Efeitos que vão desde ligeiros aquecimentos, queima de fontes, até inutilidade total desses equipamentos, causando não somente aborrecimentos, mas também relevantes prejuízos ao consumidores.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Qualidade da Energia Elétrica

Além de garantir um funcionamento sem interrupções, seguro e harmônico dos equipamentos elétricos e processos associados, a energia elétrica de boa qualidade é aquela que garante o bem-estar das pessoas, sem representar risco ao meio ambiente (Corrêa, 2017).

Tecnicamente, podemos dizer que a qualidade da energia elétrica, inclui características de continuidade de fornecimento e de conformidade com certos parâmetros apontados como algo desejável para a operação segura, tanto do sistema supridor como das cargas elétricas (DECKMANN; POMILLIO, 2017).

De fato, a qualidade da energia está quase sempre relacionada a um conjunto de variações que sobrevém ao sistema elétrico. Entretanto, para o consumidor, o que lhe interessa realmente, é poder utilizar a eletricidade de forma continua e eficiente, garantindo a operação adequada dos seus equipamentos sem danos aos mesmos e sem se preocupar com falhas ou interrupções no fornecimento.

Por outro lado, a má qualidade da energia elétrica é conceituada como qualquer problema manifestado na tensão, corrente ou desvio de frequência, que tenha como resultado falha ou má operação dos equipamentos dentro de um sistema elétrico (DUGAN et al., 1996).

2.2 Por que Monitorar a Qualidade da Energia Elétrica?

De uma forma geral, os problemas ligados a qualidade da energia são observados quando um equipamento alimentado pela rede elétrica deixa de funcionar adequadamente. Se esses problemas não forem prontamente tratados pode haver prejuízos materiais como a redução da vida útil de transformadores, motores, capacitores e equipamentos eletrônicos sensíveis, assim como pode advir perturbações físicas em pessoas, sendo elas incômodo visual devido ao efeito de cintilação, ou incômodo auditivo devido a ressonâncias eletromagnéticas (DIECKMANN; POMILLIO, 2020).

2.3 Como Monitorar a Qualidade da Energia Elétrica?

Segundo Dieckmann e Pomillio (2020) a partir da identificação de um problema numa instalação ou equipamento, tem início um estudo para identificar as causas do problema referente à qualidade da energia elétrica. Essa pesquisa pode envolver questões como conhecer os possíveis problemas que se poderá encontrar, estudar as condições e locais onde ocorre o problema, medir e registrar as grandezas contendo

os sintomas do problema, analisar dados e confrontar os resultados obtidos e por fim, diagnosticar o problema, sua possível causa e propor soluções.

2.4 Legislação para o monitoramento da QEE

No Brasil, a ANEEL - Agência Nacional de energia Elétrica é o órgão responsável por estabelecer padrões de qualidade e eficiência da energia elétrica. A ANEEL, realiza essa regulação através do PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional, em seu módulo 8, que trata da qualidade da energia elétrica. Este documento regula e padroniza as atividades relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia (ANEEL, 2020).

Concernente a obtenção de dados para o estudo da qualidade da energia, o PRODIST determina que a leitura das grandezas elétricas devam ser obtidas por meio de um único equipamento, que opere segundo o princípio da amostragem digital e que poça medir todos os fenômenos da qualidade da energia (ANEEL, 2020).

Ainda de acordo com o PRODIST módulo 8, os equipamentos de medição destinados à coleta dos dados para o estudo da qualidade da energia em unidades consumidoras de baixa tensão, devem atender a requisitos mínimos, tais como, obedecer os protocolos estabelecidos pelas normas vigentes da International Electrotechnical Commission (IEC) 61000 série 4 ou normas técnicas brasileiras, possui método de medição Classe A ou S conforme norma vigente da IEC 61000-4-30 e gerar indicadores individuais com no mínimo 1008 (mil e oito) leituras válidas obtidas em intervalos consecutivos (período de integralização) de 10 minutos cada (ANEEL.2020).

O período mencionado corresponde a uma semana de medição ininterrupta no ponto de interesse ao qual se deseja verificar a qualidade da energia. Caso não se alcance as 1008 leituras válidas no período ajustado, intervalos adicionais devem ser agregados, sempre consecutivamente (ANEEL, 2020).

2.5 Fenômenos que afetam a Qualidade da Energia Elétrica

Segundo o PRODIST os fenômenos que afetam a qualidade da energia elétrica são: Tensão em regime permanente, Fator de potência, Harmônicos, Desiquilíbrio de tensão, Flutuação de tensão, Variação de frequência, Variações de Tensão de Curta Duração – VTCD, entre outros (ANEEL, 2020). Entretanto, o objetivo deste trabalho foi analisar os fenômenos relacionados as variações de tensão em regime permanente e transitório. Para isso analisaremos as variações de tensão sustentadas a partir da tensão em regime permanente e as variações de tensão de curta duração, através da análise das variações momentâneas e temporárias de tensão.

2.5.1 Tensão em Regime Permanente

Tanto os equipamentos das distribuidoras de energia elétrica como os pertencentes aos consumidores são projetados para funcionar em determinado nível de tensão. O trabalho prolongado desses equipamentos em uma tensão fora de limites aceitáveis pode afetar o seu bom funcionamento, reduzindo a sua vida útil ou até mesmo provocando paradas repentinas e não planejadas (ROCHA, 2016).

Os principais problemas com os níveis de tensão em regime permanente estão diretamente relacionados às variações de tensão de longa duração, são classificadas em sobretensões e subtensões sustentadas e são decorrentes de falhas no sistema elétrico (PAULILO; TEIXEIRA, 2013).

2.5.1.1 Análise da Tensão em Regime Permanente

De acordo com o PRODIST, na análise da tensão em regime permanente, deve-se levar em consideração os dados apresentados na tabela 1, que específica as tensões de referência para unidades consumidoras atendidas em tensão inferior a 1kV, que é característica da unidade consumidora pesquisada. Ressalta-se que, para cada tensão de referência, as leituras a ela relacionadas, classificam-se em três categorias: Adequadas, Precárias ou Críticas, se baseando no afastamento do valor da tensão de leitura em relação à tensão de referência. Logo, Os valores de tensão obtidos por medições devem ser comparados à tensão de referência, a qual deve ser a tensão nominal, de acordo com o nível de tensão do ponto de conexão (ANEEL, 2020).

Tabela 1 - Tensões de referência da concessionária que atende à unidade consumidora estudada - tensão nominal (220/127 V).

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de Variação da Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	(202≤TL≤231)/(117≤TL≤133)
Precária	(191≤TL<202 ou 231<TL≤233)/ (110≤TL<117 ou 133<TL≤135)
Crítica	(TL<191 ou TL>233)/(TL<110 ou TL>135)

Fonte: (ANEEL, 2020).

Além da comparação dos valores de referência da tabela 01 com os resultados obtidos na medição gráfica, a análise da tensão em regime permanente deve levar em consideração os indicadores dos níveis de tensão. A ANEEL estipula limites para estes indicadores. Sendo que, o valor da Duração Relativa da Transgressão Máxima de Tensão Precária (DRPM) fica estabelecido em 3% temporal. O valor da Duração Relativa da Transgressão Máxima de Tensão Crítica (DRCM) fica estabelecido em 0,5% temporal (ANEEL, 2020).

2.5.1.2 Fenômenos que afetam a tensão em regime permanente

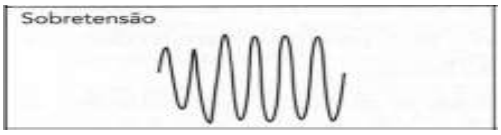
Dos problemas relacionados às variações na tensão, citamos os efeitos de longa duração, sendo portanto, consideradas como distúrbios de regime permanente que podem ser caracterizados como desvios que ocorrem no valor eficaz da tensão. Estas variações podem estar associadas à sobre ou subtensão e faltas sustentadas. No caso específico deste trabalho, direcionamos nossa atenção aos fenômenos de sobre e subtensão.

2.5.1.2.1 Sobretensão de longa duração

A característica principal da sobretensão em regime permanente é o aumento no valor eficaz da tensão CA acima de 1,1 pu na frequência da rede, com duração maior que 1 minuto, expresso na figura 02. Uma sobretensão em regime permanente pode ser causada por: desligamento de grandes cargas; energização de bancos de capacitores, mal dimensionamento de circuitos de transformadores, defeitos em conexões, entre outros (JUNIOR; GONDIM; BERNARDES, 2005).

Como consequências das sobretensões de longa duração, podemos citar falha dos equipamentos, como no caso dos dispositivos eletrônicos que podem sofrer danos durante condições de sobretensões. Embora transformadores, cabos, disjuntores, e máquinas rotativas, geralmente, não apresentem falhas imediatas, tais equipamentos, quando submetidos a repetidas sobretensões, poderão ter a sua vida útil reduzida (PAULILO; TEIXEIRA, 2013).

Figura 1 - Representação de sobtrensão.



Fonte: Felipe Machado Dias - unifacvest (2019).

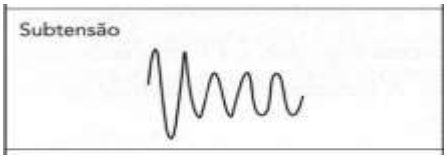
2.5.1.2.2 Subtensão de longa duração

Uma subtensão sustentada é caracterizada por uma diminuição no valor eficaz da tensão CA a valores menores que 0,9 pu, na frequência da rede, e com duração maior que 1 minuto, conforme figura 3. Atingem valores que se situam na faixa de 10% a 90% da tensão nominal (valor rms) (CLME, 2003).

As subtensões sustentadas são decorrentes, principalmente, do carregamento excessivo de circuitos alimentadores, os quais são submetidos a determinados níveis de corrente que, interagindo com a impedância da rede, dão origem às quedas de tensão. Outros fatores que contribuem para as subtensões são: a conexão de grandes cargas à rede elétrica, o desligamento de bancos de capacitores, entre outros. Dentre os proble-

mas causados por subtensões de longa duração em unidades consumidoras de baixa tensão, destacam-se as interrupções da operação de equipamentos eletrônicos. A figura 2, representa a forma de onda de uma subtensão.

Figura 2 - Representação de subtensão



Fonte: Felipe Machado Dias - UNIFACVEST (2019).

2.5.2 Variação De Tensão De Curta Duração - VTCD

"Variações de tensão de curta duração (VTCD) são desvios significativos na amplitude do valor eficaz da tensão durante um intervalo de tempo inferior a três minutos" (ANEEL, 2020, p.20).

As VTCD'S podem ser denominadas como instantâneas (0,5 a 30 ciclos), momentâneas (30 ciclos a 3 s) ou temporárias (3 s a 1 min). Esses tipos de variações são causadas por condições de faltas, energização de grandes cargas que requerem altas correntes de partida, ou a perda intermitente de conexões nos cabos do sistema. Dependendo da localização da falta e das condições do sistema, a falta pode causar um decréscimo da tensão (afundamento) ou um aumento da tensão (elevação), ou ainda, a completa perda da tensão (interrupção) (PAULILO; TEIXEIRA, 2013).

As variações de tensão de curta duração são classificadas de acordo com o quadro da figura 03, abaixo.

Figura 3 - Classificação das Variações de Tensão de Curta Duração.

Classificação	Denominação	Duração da Variação	Amplitude da tensão (valor eficaz) em relação à tensão de referência
Variação Momentânea de Tensão	Interrupção Momentânea de Tensão	Inferior ou igual a três segundos	Inferior a 0,1 p.u
	Afundamento Momentâneo de Tensão	Superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a três segundos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 p.u
	Elevação Momentânea de Tensão	Superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a três segundos	Superior a 1,1 p.u
Variação Temporária de Tensão	Interrupção Temporária de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Inferior a 0,1 p.u
	Afundamento Temporário de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 p.u
	Elevação Temporária de Tensão	Superior a três segundos e inferior a três minutos	Superior a 1,1 p.u

Fonte: (ANEEL, 2020).

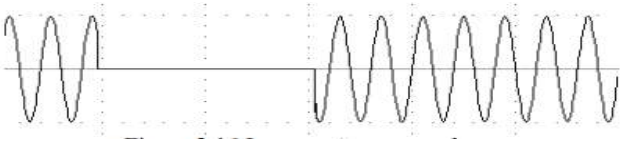
2.5.2.1 Interrupções de Tensão

Uma interrupção de curta duração é caracterizada quando há um decréscimo da tensão de suprimento para um valor menor que 0,1 pu por um período de tempo, sen-

do classificada como: IMT - Interrupção Momentânea de Tensão (quando a duração for inferior ou igual a 3 segundos) e ITT - Interrupção Temporária de Tensão (quando a duração for superior a 3 segundos e inferior a 3 minutos) (ANEEL, 2020).

De acordo com DECKMANN; POMILLIO (2017) as interrupções de tensão são fenômenos geralmente causados por falhas no sistema de proteção das redes de energia, falhas de equipamentos, curtos-circuitos decorrentes de descargas atmosféricas, impactos de aves, vegetação sobre a rede de energia, manobras na rede, entre outros. A figuras 04 demonstra a forma de onda da tensão durante uma interrupção momentânea ou de curta duração.

Figura 4 - Interrupção momentânea de tensão.



Fonte: (DECKMANN; POMILLIO (2017).

2.5.2.2 Afundamentos de Tensão

No PRODIST, o afundamento de tensão, que é tratado na literatura internacional como "voltage sag", é parte integrante dos fenômenos de variação de tensão de curta duração (STAROSTA, 2012).

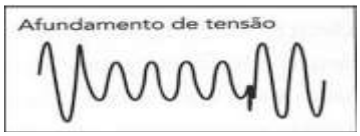
A natureza dos afundamentos de tensão está relacionado a uma redução no valor eficaz da tensão, superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9 p.u, sendo classificada como: AMT - Afundamento Momentâneo de Tensão (quando a duração for superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a três segundos) e ATT- Afundamento Temporário de Tensão (quando a duração for superior a três segundos e inferior a três minutos) (ANEEL, 2020).

A origem desse fenômeno pode ser classificada como: afundamento externo quando a origem é na rede da concessionária e interno de origem na própria instalação (STAROSTA, 2012).

Como exemplo de afundamento externo, podemos citar um curto-circuito fase--terra no circuito de distribuição em média tensão da concessionária, que causará um afundamento da fase defeituosa na alimentação dos consumidores ligados a este circuito. O distúrbio persistirá até que a causa do defeito seja eliminada ou que haja a atuação da proteção com o desligamento do circuito. Já os afundamentos por razões internas são em geral provocados pela utilização de alguns equipamentos que por suas características construtivas tem sua corrente aumentada durante o acionamento,

fazendo com que aja um afundamento na tensão, caso a rede interna esteja desbalanceada ou mal dimensionada, (STAROSTA, 2012).

Figura 5 - Forma de onda de um afundamento momentâneo de tensão.



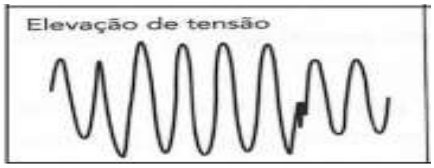
Fonte: (MAIA, 2011).

2.5.2.3 Elevações de Tensão

Uma elevação de tensão de curta duração é definida como um aumento superior a 1,1 p.u na tensão eficaz. Sendo classificadas como: EMT - Elevação Momentânea de Tensão (quando a duração for superior ou igual a um ciclo e inferior ou igual a três segundos) e ATT - Afundamento Temporário de Tensão (quando a duração for superior a três segundos e inferior a três minutos) (ANEEL, 2020).

As elevações de tensão, geralmente são causadas por curtos-circuitos fase-terra no sistema elétrico e perda de grandes blocos de carga. Podem apresentar efeitos como maior solicitação do material isolante de alguns equipamentos podendo acarretar redução da vida útil, má operação de aparelhos eletrônicos, ou até a completa inutilização dos mesmos (JUNIOR; GONDIM; BERNARDES, 2005). A figura 06 representa as formas de onda do fenômeno de elevação de tensão.

Figura 6 - Forma de onda de uma elevação momentânea de tensão.



Fonte: (MAIA, 2011).

3 METODOLOGIA

O levantamento primário das informações foi realizado através da pesquisa bibliográfica por meio de livros, legislação, normas nacionais e internacionais, revistas e trabalhos científicos, que envolvem a temática da qualidade da energia elétrica, permitindo um amplo e pormenorizado conhecimento da realidade e dos fenômenos pesquisados.

Posteriormente, realizou-se a coleta de dados em campo, através da instalação do equipamento analisador portátil de grandezas elétricas, o PowerNET P-300 G4. O referido equipamento foi instalado no ponto de entrega da unidade consumidora e permaneceu por 7 dias até que obtivesse as 1008 medições válidas conforme determinado pelo PRODIST. As medições iniciaram-se no dia 22 e se encerraram no dia

29 de março de 2021. Em seguida as medições foram submetidas ao software IMS PowerMANAGER Desktop, o qual processou as informações e forneceu os Relatórios de Conformidade de Tensão. Por fim, foi fechado o diagnóstico das inconformidades e solicitado à distribuidora de energia local as correções. A figura 07 mostra o equipamento analisador de tensão instalado no ponto de entrega da unidade consumidora.

Figura 7 - PowerNET P-300 G4, instalado no ponto de entrega da unidade consumidora.

Fonte: (Elaborada pelo autor)

4 RESULTADOS E DISCUÇÕES

De acordo com o relatório de conformidade de tensão em regime permanente fornecido pelo software IMS PowerMANAGER Desktop, o equipamento analisador de tensão instalado na unidade consumidora atingiu 1133 medições válidas e 600 intervalos de registros de 10 minutos, informações expressas no quadro da figura 8, juntamente com o resumo das medições realizadas. Parâmetros estes que atendem os requisitos do PRODIST para análise da qualidade da energia em unidades consumidoras de baixa tensão.

Figura 8 - Parâmetros da medição e resumo das medições.

TABELA RESUMO

Nome da área	AREA0001 -
Equipamento	PowerNET P-300 G4 (standard) 135322
Período	22/03/2021 14:50:00 à 30/03/2021 11:40:00
Intervalo de registros[s]	600
Total de registros	1133

Máximos, mínimos e médias

Tensão média da fase A [V]			Tensão média da fase B [V]			Tensão média da fase C [V]		
Mínimos	63,5914	28/03/2021 14:30:00	Mínimos	63,3314	28/03/2021 14:30:00	Mínimos	59,4440	28/03/2021 14:30:00
	67,5852	27/03/2021 21:30:00		67,4920	27/03/2021 21:30:00		61,8840	27/03/2021 21:30:00
	68,6149	27/03/2021 15:40:00		68,1171	29/03/2021 13:10:00		63,6665	29/03/2021 13:10:00
Máximos	160,4655	25/03/2021 22:50:00	Máximos	161,7349	25/03/2021 22:50:00	Máximos	150,4498	25/03/2021 22:50:00
	159,0929	27/03/2021 14:30:00		159,6507	25/03/2021 22:40:00		149,4102	27/03/2021 14:30:00
	158,9968	25/03/2021 22:40:00		159,2017	27/03/2021 14:30:00		149,0824	28/03/2021 12:10:00
Média	143,3773		Média	143,6828		Média	134,4273	

Tensão média da linha AB [V]			Tensão média da linha BC [V]			Tensão média da linha CA [V]		
Mínimos	126,9067	28/03/2021 14:30:00	Mínimos	0,0634	22/03/2021 16:40:00	Mínimos	122,9187	28/03/2021 14:30:00
	135,0609	27/03/2021 21:30:00		0,0639	22/03/2021 15:40:00		129,3793	27/03/2021 21:30:00
	137,4308	29/03/2021 13:10:00		0,0641	22/03/2021 15:30:00		132,8805	29/03/2021 13:10:00
Máximos	322,1918	25/03/2021 22:50:00	Máximos	12,3341	25/03/2021 23:30:00	Máximos	310,8579	25/03/2021 22:50:00
	318,6396	25/03/2021 22:40:00		12,2867	25/03/2021 23:20:00		308,4504	27/03/2021 14:30:00
	318,2855	27/03/2021 14:30:00		12,2410	26/03/2021 04:10:00		307,7903	25/03/2021 22:40:00
Média	287,0518		Média	9,9763		Média	277,7493	

Fonte: (Software IMS PowerMANAGER Desktop, 2021)

4.1 Da análise referente a presença de sobretensão e/ou subtensão em regime permanente

Tendo como bases a tensão de referência de 127 volts, os limites de tensão adequados em mínimo de 117 e máximo de 133 volts e o tempo de exposição, comparados aos dados fornecidos no relatório de conformidade de tensão em regime permanente pelo software IMS PowerMANAGER Desktop que tabulou e analisou os dados coletados na unidade consumidora pelo medidor de tensão PowerNET P-300 G4. Observou-se que a referida unidade consumidora foi submetida a sobretensões de longa duração durante o período em que foi realizado as medições gráficas. Sendo que as maiores variações na amplitude da tensão se deu da seguinte forma: Fase VaN = 149.64V; VbN = 150,3; VcN = 139,18. Conclusão referenciada no relatório da figura 09.

Figura 9 - Relatório de Conformidade de Tensão em Regime Permanente

RELATÓRIO DE CONFORMIDADE DE TENSÃO EM REGIME PERMANENTE

Identificação

Nome da área	AREA0001 -
Equipamento	PowerNET P-300 G4 (standard) 135322
Período	22/03/2021 14:50:00 à 29/03/2021 20:40:00
Intervalo de registros[s]	600
Registros válidos	1008

Tensão de referência [V] 127,00

Limite de tensão adequada

Mínimo [V]	Máximo [V]
117,00	133,00

Registros por faixa

Fase	Adequado	Precário	Crítico
VaN	65	11	932
VbN	68	8	932
VcN	296	226	486

Indicadores

	Valor [%]	Limite [%]
DRP	22,42	3,00
DRC	92,46	0,50

Compensação [%] 701,98

Mínimos

Fase	Valor [V]	Data	Hora
VaN	127,74	22/03/2021	15:10:00
VbN	127,34	22/03/2021	15:20:00
VcN	125,59	29/03/2021	14:00:00

Máximos

Fase	Valor [V]	Data	Hora
VaN	149,64	26/03/2021	04:00:00
VbN	150,03	23/03/2021	06:50:00
VcN	139,18	23/03/2021	06:50:00

Glossário

DRP - índice de duração relativa da transgressão para tensão precária, em percentual

DRC - índice de duração relativa da transgressão para tensão crítica, em percentual

Compensação - índice de compensação por transgressão dos níveis de tensão adequados, não leva em conta o valor de encargo de uso do sistema de distribuição

Tabela de registros

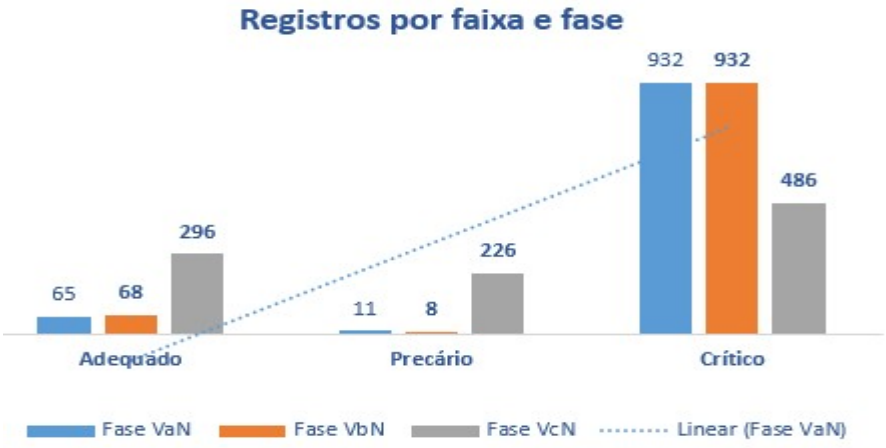
Classe [%]	Centro [V]	VaN	VbN	VcN
<-20	101,60	0	0	0
-19	102,87	0	0	0
-18	104,14	0	0	0
-17	105,41	0	0	0
-16	106,68	0	0	0
-15	107,95	0	0	0
-14	109,22	0	0	0
-13	110,49	0	0	0
-12	111,76	0	0	0
-11	113,03	0	0	0
-10	114,30	0	0	0
-9	115,57	0	0	0
-8	116,84	0	0	0
-7	118,11	0	0	0
-6	119,38	0	0	0
-5	120,65	0	0	0
-4	121,92	0	0	0
-3	123,19	0	0	0
-2	124,46	0	0	0
-1	125,73	0	0	4
0	127,00	0	4	21
1	128,27	7	5	12
2	129,54	10	9	22
3	130,81	4	26	96
4	132,08	39	21	117
5	133,35	10	5	129
6	134,62	10	10	170
7	135,89	12	8	171
8	137,16	8	12	189
9	138,43	38	28	76
10	139,70	85	76	1
11	140,97	60	64	0
12	142,24	99	88	0
13	143,51	92	94	0
14	144,78	142	114	0

Fonte: (Software IMS PowerMANAGER Desktop, 2021)

4.1.2 Da análise dos indicadores dos níveis de tensão (DRP – DRC).

Conforme os dados colhidos nas medições realizados na unidade consumidor, processados pelo software e expostos no relatório de conformidade de tensão em regime permanente demonstrado na figura 09. Onde o DRP – Índice de duração relativa da transgressão para tensão precária registrou desvio de 22,42% e o DRC – Índice de duração relativa da transgressão para tensão crítica de 92,46%, comparados ao o estabelecido na legislação, de 3% de variação para o DRP e 0,5% para o DRC, demonstra-se clara e alta violação nos indicadores de níveis de tensão na unidade consumidora estudada. Sendo que a maior violação por faixa ocorreu na fase VaN, saindo de 65 registros normais para 932 críticos linearmente. Conforme o gráfico 01.

Gráfico 1 - Comparativo dos registros de quantidades de registros normais, precários e críticos.



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 Da análise das Variações de Tensão de Curta Duração - VTCD

No dia 25 de março, período de coleta das medições, observou-se a ocorrência de uma interrupção no fornecimento de energia para a unidade consumidora. Sendo que, de acordo com informação contida no site da concessionária (Figura 10), a interrupção se deu devido a um desligamento programado na rede de distribuição. Nesta situação, devido as manobras em equipamentos para desenergização e reenergização da rede, a unidade consumidora foi submetida a sobretensão (elevação) e/ou subtensão (afundamento) transitórias de amplitude variáveis. Fenômenos que se caracterizam como variações de tensão de curta duração.

Figura 10 - Relatório de desligamentos programados, dispostos para consulta no site da concessionária.

Data	Endereço	Bairro	Início	Previsão retorno	Descrição
25/03/2021	BC SAO JOSE	URUARA	25/03/2021 **09:00:00**	23/03/2021 **12:00:00**	Quantidade de Clientes afetados: 567
26/03/2021	CL CIPOAL	SANTAREM	26/03/2021 **09:00:00**	26/03/2021 **13:00:00**	Quantidade de Clientes afetados: 463
27/03/2021	CL SAO JOSE	ALTER DO CHAO	27/03/2021 **08:00:00**	27/03/2021 **14:00:00**	Quantidade de Clientes afetados: 332

Fonte: (Equatorial Pará, 2021)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos no estudo, que apontou sobretensões sustentadas e variações de tensão de curta duração na unidade consumidora, causas estas consideradas externas e que tem como responsável pela normalização a concessionária fornecedora de energia. Foi proposto à titular da conta contrato que entrasse em contato

com a referida distribuidora no intuito de informar a situação e solicitar as devidas correções.

Ressalta-se que no atendimento da solicitação, através de serviço emergencial, os técnicos da distribuidora confirmaram a inconformidade no nível da tensão de fornecimento, não somente para conta contrato, mas também para as outras unidades consumidoras pertencentes ao circuito do transformador que à atende. De forma, que através da comutação do TAP do transformador o problema de sobretensão foi solucionado. A tabela 02, demonstra o resultado da medição instantânea após a comutação do TAP do transformador, que quando comparado com a tabela 01, constata-se a conformidade em relação aos indicadores DRP e DRC.

Tabela 2 - Níveis de tensão atuais na unidade consumidora estudada.

MEDIÇÃO DE TENSÃO INSTATÂNEA (VOLTS)		
Fase	Tensão de referência	Tensão medida
Fase VaN	127	128
Fase VbN	127	127
Fase VcN	127	124

Fonte: Elaboração do autor.

É fato que a qualidade da energia elétrica é um fator de grande relevância para utilização de equipamentos elétricos. Dessa forma, a tensão de alimentação de um sistema elétrico, seja nas instalações de unidades consumidoras ou no próprio sistema distribuidor da concessionária de energia, devem respeitar a determinados padrões de conformidade para o bom funcionamento dos equipamentos a ele interligados. Nesse contexto, este trabalho trouxe em sua temática a importância da qualidade de energia para o bem estar de consumidores e para utilização de equipamentos elétricos. Entretanto, apesar de se ter conseguido resolver o problema relacionado a unidade consumidora, avaliamos que esta pesquisa apresenta alguns aspectos relativos ao tema que ficaram restritos à abordagem do autor. De modo que o trabalho apresenta algumas lacunas que podem e devem ser preenchidas por meio de outras reflexões e pesquisas sobre o tema estudado. Pois, as possibilidades de entendimento não foram esgotadas. Nesse sentido, consideramos que, embora ainda não existam muitos estudos relacionados ao tema na região, espera-se que o referido trabalho sirva de incentivo para outras pesquisas relacionadas, pois trata-se de um assunto de grande relevância, tanto para os consumidores como para a distribuidora de energia elétrica da região.

REFERÊNCIAS

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. 2021. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/. Acesso: 04 de abr. 2021.

SRD. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST - Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica. **ANEEL. 2020.** Disponível em: https://www.aneel.gov.br/conformidade. Acesso: 17. Set. 2020.

BARROS, B; BORELLI, R; GEDRA, R. **Gerenciamento de Energia: Ações administrativas e técnicas de uso adequado da energia elétrica.** 2ª Ed. São Paulo: Editora Érica, 2016. 177 p.

CONGRESSO LUSO-MOÇANBICANO DE ENGENHARIA – **CLME'2003**. **Engenharia e Inovação para o DesenvolvimentoMaputo, Moçambique,** 19-21 Agosto 2003, pp. 219-231. Disponível em: https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/64536. Acesso em 17 de mar. 2021.

CORRÊA, F. I. M. (2007). **Estudo de um Sistema de Distribuição com Enfoque na Qualidade da Energia Elétrica.** Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 2007.

DECKMANN. S; POMILIO, J**. Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica.** Apostila. Faculdade de Engenharia Elétrica e da Computação. Fevereiro de 2017. p. 4,5.

DECKMANN. S; POMILIO, J. **Avaliação da Qualidade da Energia Elétrica**. Apostila. Faculdade de Engenharia Elétrica e da Computação. Fevereiro de 2020 p.6,7.

DUNGAN, R. C. et al 1996. **Eletrical Power Systems Quality, McGray-Hill**.

EQUATORIAL PARÁ. 2021. Desligamento programado. Disponível em: https://pa.equatorialenergia.com.br/desligamento-programado/. Acesso em 28 de mar. de 2021.

G1. **Região Metropolitana De Santarém**. 2018. Disponível em: https://g1.globo.com/pa/santarem-regiao/noticia/historias-curiosas-marcam-origem-de-bairros-de-santarem.ghtml. Acesso em 02 de out. de 2020.

JUNIOR, A; GONDIM, I; BERNARDES, V. (2013). **Distúrbios de qualidade de energia elétrica.** Peteletricaufu. Disponível em: https://www.peteletricaufu.com/static/ceel/doc/artigos/artigos2005/ceel2005_074.pdf. Acesso: 22 de set.2020 e 26 se mar. 2021.

MAIA, M, R. (2011). **Caracterização das Variações de Tensão de curta Duração e seus Impactos em uma Planta da Indústria Alimentícia**. Disponível em: https://www.ppgee.ufmg.br/defesas/158M.PDF. Acesso: 03 de abr. 2021.

PAULILO. G; TEIXEIRA, M. (2013). **Qualidade da energia. Variação de tensão de longa duração.** O setor elétrico. Disponível em: http://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2013/05/Ed87_fasc_qualidade_cap4.pdf. Acesso: 15 de mar. 2021.

PAULILO. G; TEIXEIRA, M. (2013). **Qualidade da energia. Variação de tensão de curta duração.** O setor elétrico http://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2013/09/ed-88_Fasciculo_Cap-V-Qualidade-de-energia.pdf. Acesso: 15 de mar. 2021.

ROCHA, J.E. (2016). **Qualidade da energia elétrica.** Universidade tecnológica federal do Paraná. Protcom. Disponível em: https://www.protcom.net/Literatura/Medicao/Qualidade/NOTAS%20DE%20AULA/NOTAS%20DE%20AULA_QUALIDADE%20ENERGIA%20EL%C3%89TRICA.pdf. Acesso: 23 de set. 2020.

SETOR ELÉTRICO. **Variações de tensão de curta duração.** 2012. Disponível em http://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2013/09/ed-88_Fasciculo_Cap-V--Qualidade-de-energia.pdf. Acesso em 28 de out. 2020.

SETOR ELÉTRICO. **Afundamentos de tensão.** 2012. Disponível em http://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2013/09/ed-88_Fasciculo_Cap-V-Qualidade-de-energia.pdf. Acesso em 29 de out. 2020.

SETOR ELÉTRICO**. Interrupção de tensão.** 2012. Disponível em http://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2013/09/ed-88_Fasciculo_Cap-V-Qualidade--de-energia.pdf. Acesso em 29 de out. 2020.

STAROSTA, J. **Afundamento de tensão (sag) parte I.** O Setor Elétrico, 2012. Disponível em: https://www.osetoreletrico.com.br/afundamento-de-tensao-ou-sag-parte-i/. Acesso em: 12 de abr. 2021.

CAPÍTULO 15

VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO CONCRETO LATERÍTICO EM RELAÇÃO AO CONCRETO CONVENCIONAL

TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF THE LATERITIC CONCRETE IN RELATION TO THE CONVENTIONAL CONCRETE

Gabriel Souza De Almeida[1]
Roberto Carlos Rodrigues De Souza[2]
Marlyson Jose Silveira Borges[3]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.15

1 UNAMA, gabrieleme8@gmail.com
2 UNAMA, robertociek31@gmail.com
3 UNAMA, silveira-borges@hotmail.com

RESUMO

O presente estudo é relevante, pois tem importância dentro da região estudada, por haver abundância de laterita e por carência de brita que é usualmente aplicada no concreto convencional, buscando por meio do concreto laterítico a resistência ideal para o uso em obras. Para tanto, procura analisar as condições de algumas regiões que não possuem rochas graníticas e utilizar do solo laterítico como agregado graúdo para concreto. Além disso, abordará as propriedades do concreto convencional e procurará desenvolver um traço de concreto laterítico e comparar com o concreto convencional. Por outro lado, busca caracterizar o material do município de Santarém-PA e correlacionar com materiais de outras regiões; bem como identificar quando o uso do concreto laterítico se torna viável economicamente. Nesse sentido, o principal obstáculo encontrado é que em algumas regiões não possui britadeiras e logo não possui britas, então ocorre a necessidade da busca de outros tipos de materiais, e um deles encontrado em grande abundancia em algumas regiões é a brita laterítica. Entretanto, é de extrema importância verificar a sua viabilidade técnica, econômica, qualidade e também se atende aos padrões de resistência pedido no projeto estrutural. Assim, existe a necessidade de executar um traço de concreto que alcance a resistência aproximada ou igual ao concreto convencional usando a laterita como agregado graúdo.

Palavras-chave: Laterita; Concreto; Santarém – PA.

ABSTRACT

The present study is relevant, as it is important within the region studied, due to the abundance of laterite and the lack of gravel that is usually applied in conventional concrete, seeking through the lateritic concrete the ideal resistance for use in works. To this end, it seeks to analyze the conditions of some regions that do not have granitic rocks and use the lateritic soil as a coarse aggregate for concrete. In addition, it will address the properties of conventional concrete and seek to develop a trace of lateritic concrete and compare it with conventional concrete. On the other hand, it seeks to characterize the material in the municipality of Santarém-PA and correlate it with materials from other regions; as well as identifying when the use of lateritic concrete becomes economically viable. In this sense, the main obstacle found is that in some regions it does not have crushers and therefore does not have crushers, so there is a need to search for other types of materials, and one of them found in great abundance in some regions is the laterite gravel. However, it is extremely important to check its technical, economic, quality and also meet the resistance standards requested in the structural

design. Thus, there is a need to execute a concrete mix that reaches the approximate or equal resistance to conventional concrete using laterite as a coarse aggregate.

Keywords: Laterite; Concrete; Santarém - PA.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o concreto foi introduzido no início do século XX, como produto patenteado, como um material fundamental para a arquitetura e a engenharia. Ao longo do século XX o concreto extrapola o uso normal, legalizado e normalizado, e se infiltra em todas as etapas da produção de edificações: concepção de projetos, organização do trabalho dos operários no canteiro e comércio de materiais de construção.

Desde então, na construção civil, um dos materiais mais utilizados é o concreto, este material é composto por agregado graúdo (Brita ou seixo rolado), agregado miúdo (areia), aglomerante(cimento) e água. Neste contexto, para a produção do concreto, se faria necessária a obtenção de todos esses materiais citados acima, porém, em certas Regiões do Brasil, há uma certa dificuldade na obtenção destes. Tornando assim o concreto laterítico um tema a ser estudado.

O concreto laterítico veio como uma opção para que se construísse com qualidade e segurança dentro de localidades onde não se encontra brita usualmente utilizada no concreto convencional. Os solos lateríticos são encontrados nas regiões de clima tropical e ocorrem em grande parte do território brasileiro.

De acordo com NETO et al. (1976), na região amazônica há grande abundância de rochas laterítica e, ainda segundo este autor, nos estados do Acre e Amapá, devido à carência de brita e seixo rolado, foram construídas diversas obras civis, como casas, ruas e trechos de estradas, hospitais e escolas, com a utilização de laterita como agregado graúdo para concretos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O concreto de cimento Portland é o mais importante material estrutural e de construção civil da atualidade. Mesmo sendo o mais recente dos materiais de construção de estruturas, pode ser considerado como uma das descobertas mais interessantes da história do desenvolvimento da humanidade e sua qualidade de vida. (ISAIA, CECHELLA, 2014, p. 20).

O concreto armado surgiu no século XIX na Europa, a fim de resolver um problema muito grave encontrado naquela época, que era a fraca resistência à tração do concreto como pedra artificial (BOTELHO, 2006). Atualmente é o material mais usado

na construção de estruturas de edificações e grandes obras viárias como pontes, viadutos, passarelas, etc. Seu emprego é conhecido em todo o mundo, sendo que a estrutura de concreto armado em ambientes não agressivos, dura mais de cem anos e sem manutenção (BOTELHO, 2006). O concreto armado pode ter surgido da necessidade de se aliar as qualidades da pedra (resistência à compressão e durabilidade) com as do aço (resistências mecânicas), com as vantagens de poder assumir qualquer forma, com rapidez e facilidade, e proporcionar a necessária proteção do aço contra a corrosão. (BASTOS, 2012).

Por sua vez, o concreto convencional é o composto mais utilizado na construção civil. Esse material é a mistura de agregados (brita, areia, etc.), aglomerantes (Cimento Portland) e água podendo possuir, ou não, aditivos funcionais. De acordo com Leonhardt e Mönnig (1979), ele é constituído por meio da mistura entre a pasta e os agregados, podendo ocorrer de duas formas: in loco (fabricado na obra na betoneira) ou usinado (fabricado em indústrias, transportados por caminhões betoneiras, bombeados e vibrados em seu destino final).

Também Lima et. al., (2014), ressaltam que os agregados com dimensões superiores a 4,75mm, são denominados como agregados graúdos e os inferiores a estas, agregados miúdos. As propriedades químicas e físicas dos componentes do concreto influenciam nas propriedades mecânicas finais desse composto, sendo o cimento o seu principal componente.

Ambrozewicz (2012) diz que as propriedades de cada componente interferem diretamente na qualidade do concreto, por isso é necessário compreender cada material com intuito de obter plasticidade, trabalhabilidade e a resistência do concreto adequando assim um bom material ao requisito da função, é importante também ressaltar que nem só os componentes têm influência sobre o concreto, além deles cabe ao profissional da área estabelecer as condições de lançamento, adensamento, vibração e montagem e desmontagens das formas, isso para de produzir um concreto de qualidade.

De acordo com Adepegba (1982), o concreto laterítico consiste em um concreto produzido através da substituição dos agregados graúdos pela laterita. Os valores relativos à resistência à compressão axial, módulo de elasticidade e aderência dos corpos-de-prova de concreto laterítico foram analisados empregando diversos métodos de tratamento ao agregado graúdo (laterita). Adepegba (1982) ainda ressalta que os tratamentos anteriores ao uso dos agregados lateríticos podem consistir em peneiramento e/ou lavagem. A resistência desta mistura está ligada diretamente com o teor de cimento utilizado.

O Brasil possui grandes reservas nas regiões Norte e Nordeste mais de 60% do seu território é recoberto por formações lateríticas. (NETO, Luís Antônio, 2014, p. 20). Segundo Bezerra no Brasil a laterita é encontrada nas principalmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste e já são utilizadas no setor da construção civil. Ele explica que muitas regiões brasileiras sofrem escassez de rocha granítica e por isso atualmente sofrem com a logística dos materiais, já nas regiões onde o material que tem abundância a escassez é de conhecimento na utilização do concreto (BEZERRA, 2002, p.1)

Inicialmente, os agregados eram materiais adicionados à massa de cimento e água, para dar-lhe "corpo", tornando-a mais econômica. Hoje eles representam cerca de 80 por cento do peso do concreto e sabemos que além de sua influência benéfica quanto à retração e à resistência, o tamanho, a densidade e a forma dos seus grãos podem definir várias das características desejadas em um concreto. Nesse sentido, os agregados possuem algumas formas de classificação e se dividem em duas classes segundo as dimensões de suas partículas em graúdos e miúdos. Os agregados graúdos em sua maioria é a proporção de brita, seixo rolado e recentemente a laterita, já os miúdos são quase sempre a areia (LOBO, 2013, p. 103-104).

O agregado graúdo é aquele cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1 (ABNT, NBR 7211, 2005, p.3). Assim, a distribuição granulométrica, determinada segundo a ABNT NBR NM 248, deve atender aos limites indicados para o agregado graúdo constantes na figura 1.

Figura 1 - Limites da composição granulométrica do agregado graúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona granulométrica *d/D*[1)]				
	4,75/12,5	9,5/25	19/31,5	25/50	37,5/75
75 mm	-	-	-	-	0 – 5
63 mm	-	-	-	-	5 – 30
50 mm	-	-	-	0 – 5	75 – 100
37,5 mm	-	-	-	5 – 30	90 – 100
31,5 mm	-	-	0 – 5	75 – 100	95 – 100
25 mm	-	0 – 5	5 – 25[2)]	87 – 100	-
19 mm	-	2 - 15[2)]	65[2)] - 95	95 – 100	-
12,5 mm	0 – 5	40[2)]- 65[2)]	92 – 100	-	-

Fonte: ABNT, NBR 7211

Por sua vez, o agregado miúdo é aquele cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR NM 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR NM ISO 3310-1 (ABNT, NBR 7211, 2005, p.3). Nesse sentido, a distribuição granulométrica, determinada segundo a ABNT NBR NM 248, deve atender aos limites estabelecidos na figura

Figura 2 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTAS
1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90.
2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20.
3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50.

Fonte: ABNT, NBR 7211

Entende-se por estudo de dosagem dos concretos de cimento Portland os procedimentos necessários à obtenção da melhor proporção entre os materiais constitutivos do concreto, também conhecido por traço. Essa proporção ideal pode ser expressa em massa ou em volume, sendo preferível e sempre mais rigorosa a proporção expressa em massa seca de materiais (HELENE, 2011). Um estudo de dosagem deve ser realizado visando obter a mistura ideal e mais econômica, numa determinada região e com os materiais ali disponíveis, para atender uma série de requisitos. Essa série será maior ou menor, segundo a complexidade do trabalho a ser realizado e segundo o grau de esclarecimento técnico e prático do usuário do concreto que demandou o estudo (HELENE, 2011).

Todos os concretos requerem uma certa trabalhabilidade, adequada a cada situação específica. Os condicionantes vêm definidos pelos projetos arquitetônicos e estruturais (fôrmas, taxas de armadura, detalhes geométricos), pelos equipamentos a serem utilizados (bomba, carrinhos, giricas, caçambas, projeção, submerso, autoadensável), pelas necessidades de acabamento (sarrafeado, polido, lixado, aparente, desempenado) e pelas condições ambientais (temperatura, insolação, ventos, umidade relativa).

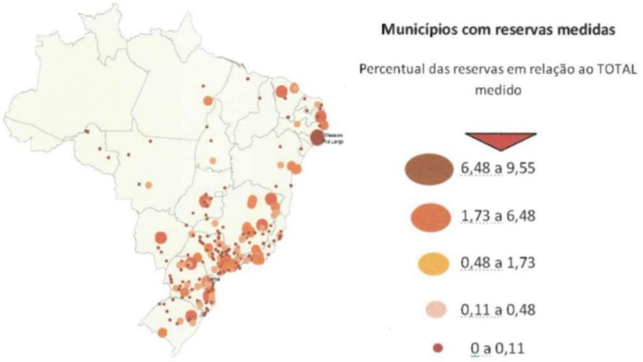
No caso da consideração exclusiva de fatores intrínsecos ao concreto, adota-se, no Brasil, a consistência do concreto fresco como o parâmetro principal. Essa consistência pode ser obtida a partir da retirada de amostra representativa conforme ABNT NBR NM 33:1998 e ensaio em conformidade com ABNT NBR NM 67:1998 Concreto. Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Método de Ensaio, equivalente à ASTM C143/C143M-10a Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete. (HELENE, 2011).

Podem-se considerar como aditivos a incorporação de menos de 5% do peso de cimento, denominando-se adições àqueles produtos acrescentados ao concreto em quantidades maiores que 5% (ALMEIDA, 2002). Assim, os principais tipos de aditivos

são: plastificantes, incorporadores de ar, retardadores der pega, aceleradores de pega, aceleradores de endurecimento, colorantes, impermeabilizantes (ALMEIDA, 2002).

Mendes (2011) também ressalta que aliado a essa perspectiva está o fato de que o Brasil, e grande parte dos países tropicais, apresentam em sua geologia solos lateríticos, tornando a presente pesquisa de importância internacional como mostrado na figura 3. Logo, é importante que os estudos desenvolvidos com concreto laterítico alcancem níveis de conhecimento semelhantes aos dos concretos convencionais, possibilitando um maior interesse e confiabilidade tanto ao empreendedor quanta ao construtor e órgãos estatais.

Figura 3 - Reservas medidas de pedras britadas no Brasil



Fonte: Departamento Nacional de Produção Mineral - Anuário Mineral Brasileiro, (2001).

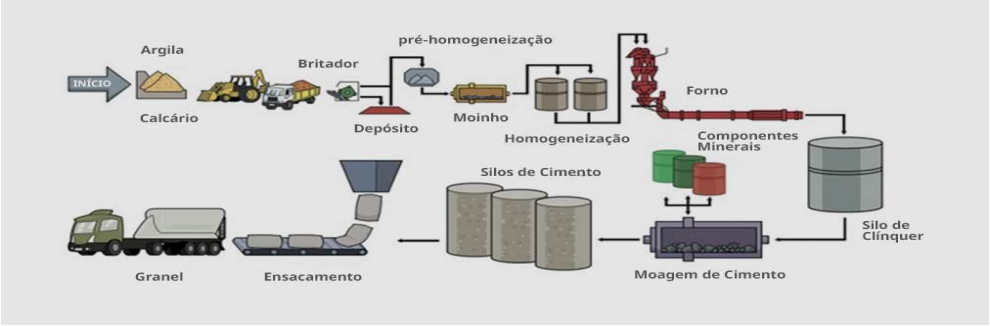
O custo do metro cúbico de estruturas de concreto armado em março de 2005, apresentado na revista. Construção Mercado (2005), no estado de Pernambuco era de R$ 1.163,09, (US$465,20), sem BDI, sendo R$ 191,97 - 16,50% - deste valor a participação do preparo do concreto com resistência característica f* =15 Mpa. O uso de agregados graúdos alternativos em regiões carentes de agregados ígneos pode trazer economia substancial. Daí a importância dos estudos destes agregados em peças estruturais (MENDES, 2011).

A busca por materiais alternativos para a construção civil com finalidade de baratear custos é imperiosa, diante do crescimento populacional existente, limitação de recursos econômicos e escassez de recursos naturais pelas altas demandas de consumo (MENDES, 2011). Segundo o engenheiro civil Milton Bezerra (2002), a pesquisa sobre agregado laterítico para utilização em concreto de alto desempenho, com sílica ativa, forma um par que agrega diversos valores de grande utilidade social, econômica e acadêmica.

O Cimento Portland é um material que apresenta grande versatilidade em suas aplicações nos distintos tipos de obras civis, depois de produzido o mesmo passa a agir como aglomerante na composição do concreto que é considerado o segundo ma-

terial mais utilizado do mundo, portanto percebe-se a grande demanda e importância do cimento e então torna-se necessário estudar os benefícios e modo de produção do mesmo (BATTAGIN, 2010). Assim, olhando sua composição de modo geral, é apenas constituída de cálcio e sílica, e outros minerais que constituem as impurezas (CHAGAS, 2005). Na figura 4, a seguir, é possível visualizar como acontece o fluxo da fabricação do cimento desde o início até a distribuição do cimento já pronto.

Figura 4 - Fluxo da fabricação do cimento.

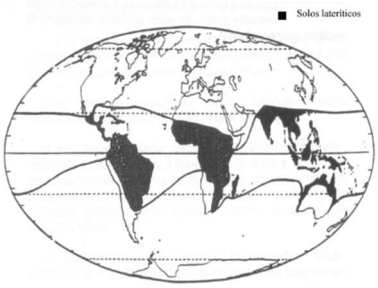


Fonte: Cimento Mauá (2021).

De acordo com Melfi (1997), os solos lateríticos ocupam cerca de 40% das terras que são emersas do globo (fig. 5) e analisando as extensões de terras brasileira, pode-se encontrar jazidas de lateritas em cerca de 65% da área total do país (fig. 6).

Ainda segundo o mesmo autor, devido às grandes extensões geográficas de formações de lateritas em solo brasileiro fica então interessante o estudo sobre o material para compreender a relevância que concedem para o mundo tropical, levando em consideração que a maior parte das atividades realizadas pelo homem, na superfície dos solos, é efetuada sobre lateritas.

Figura 5 - Extensão do fenômeno de laterização na superfície do globo (Melfi, 1997)



Fonte: Melfi, (1997).

Figura 6 - Disposição das capas lateríticas no Brasil.

Fonte: Villibor et al., (2000)

Kellog (1949), citado por Carlos (2007), afirma que reservou o termo laterita aos quatro seguintes tipos de materiais ricos em sesquióxidos de ferro: a) argila branda; b) argila endurecida (praticamente a laterita de Buchanan); c) concreções (forma pisolítica); d) cascões (forma com maior volume). Winterkorn e Chandrasenkharan (1951), citados por Carlos (2007), apresentaram a seguinte classificação com base na relação molecular sílica / sesquióxidos da fração argilosa do solo (abaixo de µm = 2 micras) e resumida na figura 7.

Figura 7 - classificação dos solos Lateríticos.

$$K_r = \left(\frac{SiO_2 / 60}{Al_2O_3 / \ldots} \right)$$

Tabela 2.1 - Classificação de solos lateríticos (Winterkorn e Chandrasenkharan, 1951)

Solo	Kr
Solos de laterita (laterite soil)	Kr ≤ 1,33
Solos laterítico (lateritic soil)	1,33≤ Kr ≥2,00
Solos não laterítico	Kr > 2,00

Fonte: CARLOS, J. M (2007).

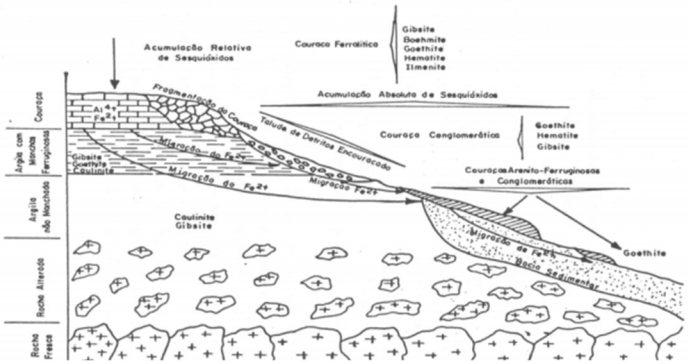
A Laterita é um "material concrecionado natural, pisolítico individualizado (cascão), vesicular, celular, vermicular ou escoreáceo, composto essencialmente de óxido de ferro e alumínio, de silicatos e quantidades variáveis de óxido de titânio, de magnésio e outros, com ou sem quartzo ou pedaços de rochas mecanicamente envolvidos; os seus minerais argilosos são do tipo 1:1 (cauliniticos). Além disso, é de dureza variável, mas usualmente fácil de fragmentar sob a ação incisiva da pancada de um martelo. Aparece, quando fragmentada, com aspecto matizado, em regra com cores variando do amarelo ao vermelho mais ou menos escuro, e mesmo ao negro" (NOVAIS FERREIRA, 1963).

O autor ainda definiu solo laterítico como "solo cuja fração argilosa tem uma relação molecular sílica / sesquióxidos menores que dois, e apresenta natureza laterítica" (Idem). Além disso, definiu por natureza laterítica a propriedade de a fração argila ser do tipo caulinita, podendo conter um pouco de ilita, mas nunca montmorilonita;

fraca porcentagem de material orgânico; cor com matriz vermelha amarelado; baixa expansibilidade; tendência para o concrecionamento e endurecimento sob exposição ao sol".

Quando ocorre o ciclo de molhagem e secagem, especialmente por meio da hidrolise, faz com que os silicatos da rocha sejam atacados proporcionando a formação de novos compostos como bases (K^+, Ca^{2+}, Na^{2+}, Mg^{2+}, e Si^{4+}), ferro, alumínio e silício, dentre outras. Quando ocorre uma excelente drenagem, as águas das chuvas levam as bases, aonde ocorre uma grande concentração de compostos de ferro, alumínio e silício, mais resistentes à ação do carreamento, formando um complexo de óxidos e hidróxidos de ferro, alumínio e silício como constituintes mais importantes. Surgindo então um complexo denominado de complexo de meteorização ferralítico.

Figura 8 - Exemplo de formação de couraças lateríticas.



Fonte: Santana e Gontijo (1987).

3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada, no presente estudo, foi iniciada por meio de pesquisas bibliográficas com o auxílio da internet, abrangendo livros, dissertações, artigos e revistas sobre a área de engenharia civil, em especial na área que abrange o uso da laterita como um agregado principal para concreto. Logo após a conclusão das investigações sobre o assunto desejado, iniciou-se um estudo experimental em laboratório, com um propósito de poder analisar a viabilidade técnica, econômica e o comportamento mecânico do concreto laterítico quanto aos esforços de compressão.

A coleta da amostra de laterita ocorreu em uma concentração laterítica localizada no município de Vitória do Xingu – PA, em seguida foi feito o transporte do material para o laboratório de engenharia civil do Centro Universitário da Amazonia (UNAMA), localizado na cidade de Santarém – PA, para assim poder fazer os ensaios de caracterização física, visando examinar a sua conformidade para uso de acordo com a ABNT NBR 7211:2009/Agregados para concreto – Especificações.

Subsequentemente foram escolhidos os agregados e cimentos frequentemente usados na região de Altamira – PA. Para os insumos apresentados também houve a necessidade de fazer os ensaios de caracterização. Além disso, para a elaboração do concreto convencional foram utilizadas a brita 1 basáltica e areia natural, e para o concreto laterítico foi feito a substituição do agregado graúdo por fração granular da laterita, o cimento usado foi o CP II E 32 da marca Poty.

De acordo com a NBR NM 26:2001/Agregados - Amostragem, uma amostra de campo é a porção representativa de um lote de agregados coletada na fonte de produção. A coleta do material laterítico ocorreu seguindo as diretrizes estabelecidas na norma. Para a extração da amostra, primeiramente foi necessário fazer a limpeza do material não aproveitável, e logo em seguida com o auxílio de uma cavadeira foi feito uma trincheira na parte exposta da jazida na profundidade de 0,20 cm e com o auxílio de uma pá como foi possível colher uma porção do agregado em estudo. A amostra para ensaio foi embalada em um saco de fibra de acordo com a figura 9 e encaminhada para o laboratório de materiais da UNAMA.

Figura 9 - material em condição para transporte.

Fonte: Autoria própria.

A amostra chegou ao laboratório nas mesmas condições "in situ" e levada para a estufa aos 100ºC, aonde permaneceu por 24 horas e, em seguida, os ensaios de caracterização físicas do agregado começaram a ser feitos. Os agregados brita1 basáltica originado do britador da região e a areia natural foram comprados e em seguida foi feito a caracterização dos mesmos. Em seguida os agregados, para o concreto convencional e laterítico, foram caracterizados seguindo os critérios estabelecidos nas normas ilustradas na tabela 1.

Tabela 1 - Identificação dos ensaios de caracterização física para os agregados.

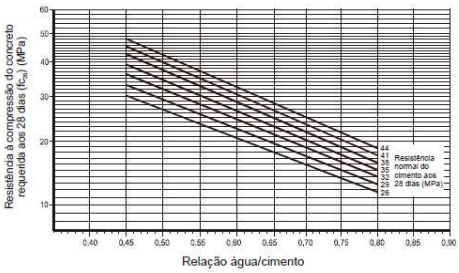
ENSAIO	MÉTODO
Análise Granulométrica	ABNT NBR NM 248:2003 - Agregados - Determinação da composição granulométrica
Determinação da massa especifica - Agregado miúdo	ABNT NBR 9776:1988 - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman
Determinação da massa unitária - Agregado miúdo e graúdo	ABNT NBR NM 45:2006 - Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios
Determinação da massa especifica - Agregado graúdo	ABNT NBR ABNT NBR 53:2003 - Agregado Graúdo - Determinação da massa específica aparente e absorção de água
Material pulverulento - Agregado miúdo e graúdo	ABNT NBR NM 46:2003 - Agregados - Determinação do material fino que passa pela peneira 75µm, por lavagem

Fonte: Target normas ABNT, 2021.

O procedimento de dosagem optado foi o ACI/ABCP, o qual consiste em obter um traço de concreto de acordo com as características dos agregados, consistência desejada e cimento. Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (2002), a dosagem expõe uma concordância adequada e a forma mais econômica em relação aos materiais usados na confecção dos concretos.

Primeiramente foi determinado o fator a/c, para isso foi usado a curva de abrams mostrada na figura 10, na qual consiste em fazer uma relação entre o Fcj e a resistência do cimento aos 28 dias.

Figura 10 - curva de abrams.



Fonte: Ruy serafim - clube do concreto, 2015.

Após achar a relação a/c, é preciso encontrar o consumo de água, obtido também através de uma tabela que cruza o diâmetro máximo do agregado graúdo e o abatimento do tronco cone, conforme mostrado na tabela a seguir.

Figura 11 - Determinação do consumo de água.

Consumo de água aproximado (L/m³)					
Abatimento (mm)	Dmáx. Agregado graúdo (mm)				
	9,5	19,0	25,0	32,0	38,0
40 a 60	220	195	190	185	180
60 a 80	225	200	195	190	185
80 a 100	230	205	200	195	190

Fonte: Rodrigues, 1998.

O terceiro passo é encontrar o volume de brita (Vb), o mesmo é definido pelo cruzamento da dimensão máxima do agregado graúdo e o modulo de finura do agregado miúdo, conforme demonstrado na tabela 3 a seguir.

Figura 12 - Determinação do volume de agregado graúdo (Vb).

MF	Diâmetro Máximo Agregado Graúdo (mm)				
	9,5	19	25	32	38
1,8	0,645	0,770	0,795	0,820	0,845
2,0	0,625	0,750	0,775	0,800	0,825
2,2	0,605	0,730	0,755	0,780	0,805
2,4	0,585	0,710	0,735	0,760	0,785
2,6	0,565	0,690	0,715	0,740	0,765
2,8	0,545	0,670	0,695	0,720	0,745
3,0	0,525	0,650	0,675	0,700	0,725
3,2	0,505	0,630	0,655	0,680	0,705
3,4	0,485	0,610	0,635	0,660	0,685
3,6	0,465	0,590	0,615	0,640	0,665

Fonte: Rodrigues, 1998.

O quarto passo foi encontrar o consumo do cimento, obtido através de uma formula matemática que consiste em dividir o consumo de água (Ca) pela relação água/cimento (a/c). Em seguida é encontrado o consumo de agregado graúdo (Cb), do modo apresentado a seguir.

$$Cb = Vb - MUC$$

Onde:

Cb= Consumo de Brita

Vb= Volume de brita, determinado pela relação entre o modulo de finura do agregado miúdo e o diâmetro máximo do agregado graúdo

MUC= Massa unitária compactada do agregado graúdo

A determinação do volume de areia é feita por meio da formula apresentada logo abaixo, no qual é feita a divisão do consumo de cada material pela sua respectiva massa especifica (Y).

Figura 13 - Formula para determinação do volume de areia (Va).

$$Va = 1 - \left(\frac{Cc}{Yc} + \frac{Cb}{Yb} + \frac{Ca}{Ya}\right)$$

Fonte: Rodrigues, 1998.

Para encontrar o consumo de areia (Ca), foi necessário fazer a multiplicação do volume de areia (Va) pela massa especifica da areia (Y). Após encontradas todas as quantidades de materiais para a composição correta do concreto, é feita a última etapa, que é fazer a divisão da quantidade de cada material pelo consumo de cimento, assim então é obtido o traço unitário.

Preliminarmente foi preparado o traço teórico, a partir do método de dosagem ABCP do concreto utilizando o agregado laterita, o agregado miúdo areia natural e o aglomerante cimento CP II E 32 da marca Poty. Todos os materiais foram pesados e separados e em seguida foi feito a umidificação da betoneira para que a mesma não absorvesse a água da mistura. Logo após, inicializou o preparo do concreto, colocando os materiais seguindo a ordem decrescente dos grãos.

Primeiramente foi colocado a laterita juntamente com a metade da água misturando por cerca de três minutos na betoneira. Após esse processo, adicionou-se a areia homogeneizando a mistura por dois minutos. Posteriormente, adicionou-se o cimento com a outra metade da água e o aditivo Muraplast 340 misturando por mais quatro minutos. Após a mistura passar pelos quatro minutos de homogeneização a mesma foi submetida ao ensaio do abatimento do tronco de cone (Slump Test) seguindo a norma NBR NM 67:1998- Concreto- Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Verificada e confirmada a consistência do concreto moldou-se seis CP´s, corpos de prova, em moldes de dimensões 10x20cm conforme descrito na NBR 5738:2003- Concreto- Procedimento para a moldagem e cura de corpos de prova, ilustrado na figura 12.

Para a preparação dos corpos de prova os moldes foram lubrificados com desmoldantes, para facilitar a retirada do concreto e para finalizar o processo, foi necessário desmoldar os mesmos após 24horas de moldagem e deixá-los submersos em um tanque com água até a idade dos rompimentos.

Figura 14 - moldagem corpo de provas.

Fonte: autoria própria.

Figura 15 - ensaio de resistência axial a compressão.

Fonte: autoria própria, 2021.

Todos os quatros corpos de prova foram usados no ensaio de resistência axial a compressão de acordo com a norma NBR 5739:2007- Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, conforme a figura 13. O ensaio de resistência a compressão axial foi executado, rompendo dois corpos de provas com três dias de cura, sete dias e vinte e oito dias. Para o concreto convencional, foi realizada uma revisão da dosagem, seguindo os mesmos parâmetros de resistência característica e consistência do concreto laterítico. Nesta mistura, houve a substituição do agregado graúdo laterita pela brita 1 basáltica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os ensaios realizados foram executados com vista à aplicação da laterita como agregados em obras residenciais. Buscou-se analisar o comportamento dos ensaios laboratoriais produzidos com os agregados lateríticos geralmente encontrados na cidade de Altamira no Pará. Para explicar o comportamento deste material, foram realizados ensaios de granulometria, material pulverulento, massa unitária e massa especifica.

As tabelas 1 e 2 apresentam os resultados obtidos pelo ensaio de granulometria. De acordo com os dados apresentados, podemos verificar que o diâmetro máximo correspondente a laterita é de 19,0 mm indicado na tabela 1, já o da Brita é de 12,5 mm conforme tabela 2.

Tabela 1 - Granulometria Laterita.

Material: Brita 1		Quantidade: 5000g	
Peneiras	Média	% retida	Ret. acumulada
19,0 mm	0 g	0%	0%
12,5 mm	460,00 g	10,64%	10,64%
9,5 mm	840,00 g	19,43 %	30,07%
6,3mm	1762,00 g	40,75 %	70,82 %
4,75 mm	1.110,00 g	25,67 %	96,49 %
2,36 mm	109,26 g	2,52 %	99,01%
Fundo	42,5 g	0,99 %	100%
Total	4.323,76 g		
Dimensão Max. característica		12.5 mm	
Perdas:		676,00 g	

Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 - Granulometria Brita 1.

Material: Brita 1		Quantidade: 5000g	
Peneiras	Média	% retida	Ret. acumulada
19,0 mm	0 g	0%	0%
12,5 mm	460,00 g	10,64%	10,64%
9,5 mm	840,00 g	19,43 %	30,07%
6,3mm	1762,00 g	40,75 %	70,82 %
4,75 mm	1.110,00 g	25,67 %	96,49 %
2,36 mm	109,26 g	2,52 %	99,01%
Fundo	42,5 g	0,99 %	100%
Total	4.323,76 g		
Dimensão Max. característica		12.5 mm	
Perdas:		676,00 g	

Fonte: Autoria própria.

Por meio desta análise, pode-se afirmar que os resultados obtidos correspondem a materiais espesso, com melhor trabalhabilidade e menor absorção de água. Ambos os materiais são coerentes com o que se pede na norma NBR NM 248:2003 e são denominados como brita 1 que tem sua forma variável entre 9,5 mm a 19 mm. A Porcentagem de material pulverulento composto na laterita e na Brita 1 estão demonstrados nas tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3 - Material pulverulento laterita.

TEOR DE MATERIAL PULVERULENTO (LATERITA)		
Mi = Massa inicial do agregado seco (g)	2,500.0	2,500.0
Mf = Massa final agregado seco após lavagem (g)	2,418.0	2,420.0
Material pulverulento (%)[(Mi - Mf)/ Mf)]*100	3.28%	3.20%
Teor médio de material pulverulento (%)	3,24%	

Fonte: Autoria própria.

A laterita por sua vez é composta por uma quantidade significante de finos, por isso, temos um índice alto de material pulverulento em sua matéria.

Tabela 4 – Material Pulverulento brita1.

TEOR DE MATERIAL PULVERULENTO (BRITA 1)		
Mi = Massa inicial do agregado seco (g)	3,000.0	3,000.0
Mf = Massa final agregado seco após lavagem (g)	2,965.0	2,966.0
Material pulverulento (%) [(Mi - Mf)/ Mf)]*100	1.18%	1.15%
Teor médio de material pulverulento (%)	1.16%	

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 7 apresentou o resultado de um material granular, com menor número de matéria solúvel em água. As Tabelas 5 e 6 apresentam os dados de massa unitária seca compostas nas amostras de laterita e brita 1 respectivamente.

Tabela 5 - Massa unitária Laterita.

Determinação da massa unitária Laterita (NM 45:2006)			
Determinações	C		
Vr) Volume do recipiente (dm^3)	1.6		
Mr) Massa do recipiente vazio (g)	1.7	D =	Massa
Mra) Massa do recipiente + agregado (kg)	3.988		Volume
Ma) Massa do agregado (kg) = **Mra - Mr**	2.288		
Massa Unitária Solta (kg/dm^3)	**1.43 Kg/ m³**		

Fonte: Autoria própria.

Tabela 6 - Massa unitária brita 1.

Determinação da massa unitária brita 1 (NM 45:2006)			
Determinações	C		
Vr) Volume do recipiente (dm^3)	1.91		
Mr) Massa do recipiente vazio (g)	1.65	D =	Massa
Mra) Massa do recipiente + agregado (kg)	4.693		Volume
Ma) Massa do agregado (kg) = **Mra - Mr**	3.043		
Massa Unitária Solta (kg/dm^3)	**1.59 Kg/ m³**		

Fonte: Autoria própria.

Pode se afirmar que os resultados obtidos para massa unitária seca situam-se dentro do intervalo de variação. As tabelas 7 e 8 mostram que os resultados obtidos pelo ensaio são próximos, visto a laterita se aproxima em relação a massa especifica do Granito que varia na faixa de 2.69 Kg/m3.

Tabela 7 - Massa especifica laterita.

Identificação da amostra (laterita)	Peso (g)
M1) Massa do picnômetro + água (g)	812.0
M2) Massa do picnômetro + água + amostra (g)	1,110.0
Ms) Massa da amostra(g)	500.0
Formulação	D= Ms/(M1+Ms) - M2
Massa específica seca média (g/cm3)	2.47 kg/m³

Fonte: Autoria própria.

Tabela 8 - Massa especifica da Brita 1

Identificação da amostra (Brita 1)	Peso (g)
M1) Massa do picnômetro + água (g)	757.0
M2) Massa do picnômetro + água + amostra (g)	2,610.0
Ms) Massa da amostra(g)	2,992.7
Formulação	D= Ms/(M1+Ms) - M2
Massa específica seca média (g/cm3)	2.62 Kg/m³

Fonte: Autoria própria.

A tabela 9 e 10 demonstram o traço e o consumo em kg/m³ utilizado para laterita, conforme NBR 12655:2015 especifica. Exibiu um traço na proporção de 1; 1,9; 2,95 (cimento, areia e brita) com fator água cimento de 0,5.

Tabela 9 - Traço em massa seca (Laterita)

Concreto dosado para 25 MPA	
Traço unitário em massa (1:a:b)	1; 1,9; 2,95
Relação Água/ Cimento	0,5
Teor de argamassa	57%
Aditivo Muraplast 340	10 ml

Fonte: Autoria própria.

Tabela 10 - Consumo de materiais por metro bico (laterita)

Consumo de materiais kg/m³	
Cimento	400,00
Areia	770,00
Brita	1190,00
Água	185,00
Aditivo	4 litros

Fonte: Autoria própria.

O slump teste foi determinado através do ensaio de abatimento de tronco cone, obtendo resultados de um abatimento de 100 ± 10 mm, tornando assim o concreto laterítico mais trabalhável em relação ao concreto convencional. As Tabelas 11 e 12 especificam o traço utilizado na confecção do concreto com a brita convencional, conforme NBR 12655:2015 específica.

Tabela 11 - Traço em massa seca concreto (Brita 1)

Concreto dosado para 25 MPA (Brita 1)	
Traço unitário em massa (1:a:b)	1 ; 2,25 ; 3,38
Relação Agua/ Cimento	0,485
Teor de argamassa	39,97%
Adtivo Muraplast 340	1,8 ml

Fonte: Autoria própria.

Tabela 12 – consumo de materiais por metro cúbico concreto com brita 1

Consumo de materiais kg/m³	
Cimento	350,00
Areia	788,00
Brita	1185,00
Água	170,00
Aditivo	0,630 litros

Fonte: Autoria própria.

Para cada traço de concreto foram moldados 6 corpos de prova, sendo dois que foram rompidos na idade de 3 dias, dois com 7 e dois com 28 dias. Em relação ao Slump teste, foi realizado um ensaio para determinar a consistência do abatimento pelo método de tronco de cone, obtendo resultados de um abatimento de 60 ± 20 mm. As tabelas 13 e 14 apresentam os resultados de compressão axial do concreto laterítico e concreto com a brita 1 respectivamente, nas idades de 3, 7 e 28 dias:

Tabela 13 - Concreto laterítico – ensaio de compressão.

COMPRESSÃO AXIAL (LATERITA)						
CP		**DIAMETRO MÉDIO DO CÍRCULO (mm)**	**ÁREA DO CÍRCULO (m²)**	**FORÇA (Kgf)**	**TENSÃO DE COMPRESSÃO AXIAL (MPA)**	**Média das resistências (MPA)**
1	3 dias	100	78,54	14.90	18,6	18,92 Mpa
2	3 dias	100	78,54	15.41	19,24	
3	7 dias	100	78,54	18.52	23,12	22,76 Mpa
4	7 dias	100	78,54	17.94	22,40	
5	28 dias	100	78,54	21.6	26,97	28,16 Mpa
6	28 dias	100	78,54	23.52	29,36	

Fonte: Autoria própria.

Tabela 14 - Concreto com brita 1 – ensaio de compressão.

COMPRESSÃO AXIAL (BRITA 1)						
CP		**DIAMETRO MÉDIO DO CÍRCULO (mm)**	**ÁREA DO CÍRCULO (m²)**	**FORÇA (Kgf)**	**TENSÃO DE COMPRESSÃO AXIAL (MPA)**	**Média das resistências (MPA)**
1	3 dias	100	78,54	19.19	23,96	23,16 Mpa
2	3 dias	100	78,54	17.92	22,37	
3	7 dias	100	78,54	23.10	28,84	28,95 Mpa
4	7 dias	100	78,54	23.28	29,06	
5	28 dias	100	78,54	26.66	33,28	32,74 Mpa
6	28 dias	100	78,54	25.8	32,21	

Fonte: Autoria própria.

Com o intuito de uma melhor apresentação esquemática da compressão axial em seus respectivos dias, foram feitos 2 gráficos, o gráfico 1 está relacionado a Laterita e o gráfico 2 a brita.

Gráfico 1 - Resultado de compressão axial da Laterita

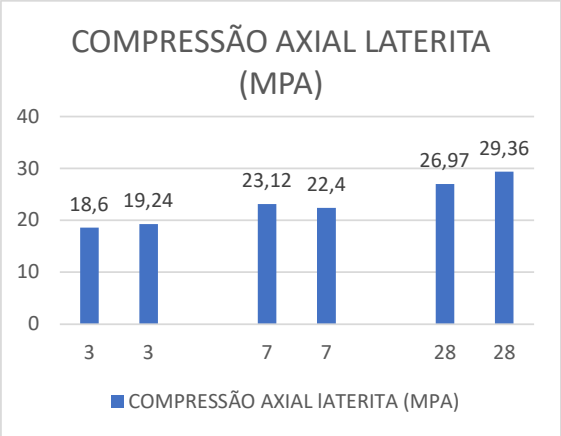
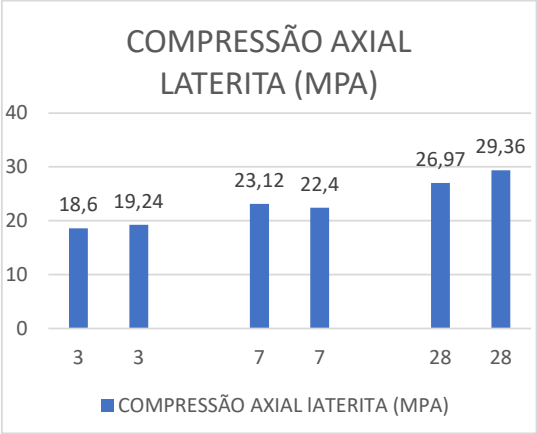


Gráfico 2 - Resultado de compressão axial da Brita 1



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados alcançados permitiram finalizar que, em relação a resistência a compressão, os concretos estudados apresentaram valores aproximados que variam entre 26 a 30 MPA acarretando assim o fato de uma possível substituição de material (Brita) pela laterita como agregado graúdo do concreto para construção civil já que foram deferidas as deliberações normativas, quanto aos critérios estabelecidos pela NBR 6118:2003 em quase todos os traços dos concretos examinados.

Portanto, constata-se que o concreto laterítico exibiu resultados parecidos ao concreto convencional para resistência e consumo de cimento por m³. Sobre a trabalhabilidade, os materiais apresentaram a carência de um maior teor de pasta e aditivo, contudo, percebeu-se que o concreto laterítico rompeu na parte da laterita, o que poderia reduzir a proporção de pasta, não mudando significativamente sua resistência.

Deste modo, foi possível expor uma dosagem de concreto manipulando a laterita como agregado graúdo e desta forma desenvolvendo uma influência positiva como possibilidade de reduzir o impacto ambiental ocasionado pela retirada de minério. Assim, a laterita se provou eficiente como material suplente ao agregado graúdo utilizado na construção civil. Porém, a mesma precisa de um maior controle tecnológico para se ajustar na granulometria comumente empregada entre outros aspectos elevados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR NM 45. **Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro, 30 de abril, 2006. Acesso em: 10 de abril de 2021.

ABNT NBR 7211. **Agregados para concreto – Especificação**. Rio de Janeiro, 29 de abril, 2005. Acesso em: 4 de maio de 2021.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: **Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: **Agregados para concreto - Especificações**. Rio de Janeiro, 2009.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7212**: Execução de concreto dosado em central – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222: **Argamassa e concreto - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos- de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 23: **Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa especifica**. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 248: **Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: **Agregados Determinação da massa unitária e volume de vazios**. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 46: **Agregados – Determinação do material fino que passa pela peneira 75 μm, por lavagem**. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52: **Agregado miúdo – Determinação da massa especifica e massa especifica aparente**. Rio de Janeiro, 2003.

ALMEIDA, L. C. **Concreto**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2002. Dis--ponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/au405/Concreto.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2012.

BASTOS, P. S. S. **Fundamento do Concreto Armado: notas de aula.** Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2006, p. 01. Disponível em: <http://www.ufsm.br/decc/ECC1006/Downlo-ads/FUNDAMENTOS.pdf> Acesso em: 8 nov. 2012

BATTAGIN, I. L. S; BATTAGIN, A. F; SBRIGHI NETO, C. A norma técnica de reação álcali-agregado faz seu primeiro aniversário. **Concreto & Construções**, São Paulo. n. 54 p. 34-47, abr.-jun. 2009.

BEZERRA. M. C. F. **Estudo De Agregados Lateríticos Para Utilização Em Concretos Estruturais**. Universidade Federal De Campina Grande, 2005.

BOGUE, R. H. **A química do cimento e do concreto.** Nova York, Reinhold Pub. Corp., 1955.

BUCHANAN, F. **A Journey From Malabar Through the Countries of Mysore, Canara and Malabar**. London, East India Company. 1807, vol. 2, p. 436-460

CARLOS, J. M; Caracterização E Uso De Agregados Lateríticos Do Distrito Federal E Do Estado De Roraima **Em Cbuq,** Brasília. ANO 2007.

GERALDO, C. I; **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais,** São Paulo. capitulo 29. ANO 2010.

KELLOG, C.E. (1949). Prelimirary Suggestion for the Classification and Nomenclature for Great Soil Groups in Tropical and Equatorial-Regions.

LEA, F. M. **A química do cimento e do concreto**. London: Arnold, 1998.

MAIGINIER, R. (1958). **Le Cuirassement des Sols em Guiné**. Afrique Occidentale. University Strabourg.

MARTINS E.S., BAPTSTA, G.M.M (1998) **Compartimentação Geomorfológica e Sistemas Morfodinâmicos do Distrito Federal**. In: IELMA/SEMATEC/Unb 1998. Inventario Hidro geológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal. Brasília. IEMA/SEMATEC/UnB. Vol.1, Parte II. 53p.

MAUÁ. São Paulo, 2017. Disponivel em: >https://cimentomaua.com.br/<. Acesso em: 15 de março de 2021.

MELFI, A.J. (1997). **Lateritas e processos de laterização**. Escola de Engenharia de São Carlos. USP. 29p.

MENDES, R. P. C; **Estudo do concreto lateritico dosado com aditivo plastificante a base de lignosulfonato.** Universidade Federal de Campina grande. ANO 2011.

NOVAIS FERREIRA, H. (1963). **O conceito de Laterite na Engenharia Civil**. LEA N^0 96. Luanda.

NOVAIS FERREIRA, H. AND MEIRELES, J. M. F. Influência nas Propriedades Geotécnicas de Solos Lateríticos de Umedecimento e da Temperatura. Laboratório de Engenharia de Angola. **Publicação N° 164**. Luanda. Angola. 1972. pp 251-259.

RODRIGUES FILHO; DIAS, P. H.; DUCATTI, V. A. **A dosagem de concreto pelo método de Ary Frederico Torres.** São Paulo. EPUSP, Departamento da Engenharia da construção Civil, Programa de pós graduação, 1988.

SANTANA, H. e GONTIJO, P.R.A. (1987). Os Materiais Lateríticos na Pavimentação de Baixo Custo no Brasil, Associação Brasileira de Pavimentação - ABPv, 22ª Reunião Anual de Pavimentação, Maceió.Alagoas.Brasil.

VILLIBOR D. F.; NOGAMI, J. S.; BELIGNI, M e CINCERRE, J. R. **Pavimentos com Solos Lateríticos e Gestão e Manutenção de Vias Urbanas**. ABPV/UFU. São Paulo, SP. 2000.

WINTERKORN, H., and CHANDRASEKHARAN, E.C. (1951). Laterite Soils and Their Stabilization. HRB. BULL. N° 44.

CAPÍTULO 16

ANÁLISE DE CUSTOS DE UMA ESTRUTURA DE SEIS PAVIMENTOS DE ACORDO COM OS TIPOS DE LAJES

COST ANALYSIS OF A SIX FLOOR STRUCTURE ACCORDING TO THE TYPES OF SLABS

Allan Dállen Almeida de Sousa[1]
Enok Rocha da Silva[2]
Júlio Fernandes Ramos Azevedo[3]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.16

1 Universidade da Amazônia. https://orcid.org/0000-0002-4309-468X. allandallen1@gmail.com
2 Universidade da Amazônia. https://orcid.org/0000-0001-8921-5769. enoksilvarocha@gmail.com
3 Universidade da Amazônia. https://orcid.org/0000-0003-2301-4547. julioazevedo50@gmail.com

RESUMO

O desenvolvimento da indústria da construção civil se dá pelas necessidades criadas pelas exigências de mercado, que por sua vez é fomentado pela crescente concorrência. Assim exige-se dos profissionais da área cada vez mais conhecimentos técnicos e preparo tecnológico. Desta forma torna-se essencial conhecer os diversos métodos construtivos a fim de fazer-se a melhor escolha tendo-se em vista maior segurança, viabilidade econômica, construtiva e arquitetônica. O presente trabalho busca analisar através de uso de softwares, que englobam o conceito de Building Information Model (BIM) 3D, 4D e 5D, quais mudanças estruturais, e consequentemente orçamentárias, decorrentes da alteração do tipo de laje em um edifício de seis pavimentos. Dessa forma para cada modelo utilizado fez-se as adequações estruturais necessárias e um orçamento do respectivo projeto. Foi-se realizado o projeto, logo em seguida aplicado ao software que dimensiona e calcula os quantitativos da estrutura. Após a execução do projeto pelo software notou-se uma diferença de mais de 30% nos custos da estrutura na qual considerou-se os efeitos do concreto e aço. Com isso, nota-se a importância do uso do BIM no campo da engenharia, pois o mesmo otimiza o tempo, custos e faz um melhor gerenciamento da obra.

Palavras-chave: Laje Maciça. Laje Nervurada. Laje Treliçada. Building Information Model.

ABSTRACT

The development of the construction industry is due to the needs created by market demands, which in turn is fostered by increasing competition. Thus, professionals in the field are increasingly required to have the technical knowledge and technological preparation. Thus, it is essential to know the different construction methods in order to make the best choice with a view to greater safety, economic feasibility, constructive and architectural. The present work seeks to analyze through the use of software, which encompasses the concept of Building Information Model (BIM) 3D, 4D, and 5D, which structural changes, and consequently budgetary, resulting from the alteration of the type of slab in a six -floor building. Thus, for each model used, the necessary structural adjustments and a budget for the respective project were made. The project was carried out, immediately afterward applied to the software that scales and calculates the quantities of the structure. After the execution of the project by the software, a difference of more than 30% was noticed in the costs of the structure in which the effects of concrete and steel were considered. With that, it is possible to notice the importance of using BIM in the engineering field, since it optimizes time, costs and makes better management of the work.

Keywords: Massive Slab. Ribbed slab. Lattice Slab. Building Information Model.

1 INTRODUÇÃO

Na construção civil, como resultado das inovações no setor, tem-se atualmente diferentes métodos e modelos para construção de uma edificação. Exemplo dessas inovações são os diferentes tipos de lajes, dando ao construtor possibilidades de combinações distintas com outros elementos.

As lajes são elementos planos bidimensionais no qual a largura e o comprimento estão na mesma ordem de grandeza e são muito maiores que a espessura, também denominadas como elementos de superfície ou placas. A laje é um elemento cuja função é suportar as cargas, permanentes e acidentais, e transmiti-las para vigas e para os pilares. A NBR 6118/2014 divide os tipos de laje em três grandes grupos, sendo à laje maciça, a que é utilizada com maior frequência, lajes nervuradas e lajes pré-moldadas.

Faz-se necessário, portanto, conhecer como um modelo escolhido impacta no resultado final de uma obra de engenharia. A análise desses resultados de forma precisa, tornou-se possível com o advento do Building Information Modeling (BIM) que possibilita a visualização de todas as informações de uma construção através da modelagem virtual.

A BIM não se trata de um software específico, mas de uma metodologia que visa a integração de todos os envolvidos no processo construtivo através das informações geradas a partir da modelagem 3D. A metodologia engloba informações além da geometria da estrutura, BIM 3D, chegando a fornecer tempo e custos de execução, BIM 4D e BIM 5D, respectivamente.

Desta forma, dentro de um cenário de competitividade acirrada e opções distintas para se construir, a metodologia BIM mostra-se como uma ferramenta essencial, uma vez que fornece através dos softwares que lhe utilizam uma previsão acurada dos resultados finais de um projeto.

No presente trabalho buscou-se analisar como ocorre as mudanças no modelo estrutural em uma edificação ao se optar por modelos diferentes de lajes e como essas mudanças impactam as formas que o edifício assumirá bem como na viabilidade executiva e econômica do projeto. O mesmo teve como instrumento de análise uma estrutura de quatro pavimentos localizada no município de Santarém-PA.

O desenvolvimento do mesmo se deu com a análise do projeto para verificar o tipo de laje utilizada e em paralelo utilizou-se softwares para evidenciar os impactos que ocorrem com as mudanças nos tipos de lajes que podem ser empregadas na estru-

tura. Os tipos de laje que estarão presentes neste estudo são as lajes maciça nervurada e treliçada.

A realização de alterações no dimensionamento ou tipo de laje adotada no projeto acarreta na mudança dos elementos, como nas dimensões e quantidade de vigas, pilares e fundações. Com isso, nota-se que de acordo com o tipo de laje utilizada, haverá influência direta no orçamento da obra, uma vez que a formas e as seções dos elementos dependem dos esforços que os solicitam, e em consequência gera maior consumo de material e eleva custo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Histórico

A utilização de lajes está presente desde construções muito antigas nas mais diversas formas, algumas bem diferentes do que são encontradas atualmente. De acordo com Botelho e Marchetti (2002) as lajes já existiam em câmaras nas pirâmides do antigo Egito que tinham nos tetos pedras de calcário responsável por resistir aos esforços solicitantes.

Os Elementos estruturais segundo Baraldi (2010), podem ser classificados em três categorias distintas, sendo elas linear, na qual duas das dimensões dos elementos estão na mesma grandeza e são muito inferiores a terceira dimensão; de superfície, nela duas das dimensões dos elementos estão na mesma grandeza e são muito superiores a terceira dimensão; e de volume, onde as três dimensões estão na mesma ordem de grandeza.

As Lajes se caracterizam como elementos de superfície, normalmente horizontais, que, segundo Pinheiro (2010), tem função de resistir e transmitir as cargas, sejam elas permanentes, acidentais ou excepcionais, para os apoios que podem ser vigas ou pilares. São fundamentais para a estabilidade global da estrutura e distribuem os esforços horizontais de vento para estruturas de contravento.

No cenário atual nota-se que as lajes não são mais feitas inteiramente de pedras, pois as mesmas eram frágeis e não possuíam boa resistência à tração. Sendo que o material a ser utilizado para construção das lajes deve possui boa durabilidade e alta resistência, tanto aos esforços de compressão como aos de tração. Com a necessidade de um material que atendesse a esses requisitos descobriu-se o concreto armado.

O concreto armado se caracteriza pela utilização do concreto que segundo Santos (2006), é uma pasta de agregados miúdos e graúdos, cimento, areia e água, se transfor-

mando num material moldável e plástico com grande resistência a compressão; e pela utilização do aço que possui uma boa resistência a tração.

De acordo com Mascaró (1985), elaborador do quadro 1, para edifícios convencionais, o custo das estruturas que são compostas por concreto armado representam cerca de 20% a 25% do valor total da obra.

Quadro 1 - Etapas e custos da estrutura

ITEM	PORCENTAGEM SOBRE O CUSTO TOTAL (%)	OBSERVAÇÕES
Canteiro de Obras	5,09	Amortização dos equipamentos 0,44%; trabalhos preliminares 0,48%; previdência 1,25%, seguros e vigilância 2,26% e gastos diversos 0,66%.
Fundações	4,48	Considera o caso de fundações diretas, ou seja, por sapatas independentes ou, em alguns casos vinculadas.
Estrutura resistente (sem fundações)	20,13	Compreende: lajes, vigas pilares e paredes de contraventamento.
Contrapisos	2,22	Compreende os contrapisos sobre o terreno natural, ou dos banheiros e outros contrapisos em geral.
Alvenaria e Impermeabilizações	8,72	O gasto em impermeabilização é pequeno e chega aproximadamente, a 0,3% (incluindo a cobertura)
Acabamentos Verticais	14,49	Compreende: rebocos exteriores 3,49%; rebocos interiores 5,2%; revestimentos 1,65%; pintura 3,18% e rodapés 0,93%.
Acabamentos Horizontais	6,99	Compreende: forros 2,06% terraços acessíveis 0,71%; soleiras 0,42% e pisos 3,8%
Esquadrias Internas e Externas	14,14	Compreende: esquadrias internas de madeira 8,2%; externas metálicas 5,32% e vidros 0,61%
Instalação Sanitária e Contra Incêndio	8,22	Compreende os aparelhos das instalações
Instalação de Gás	4,69	Compreende os aparelhos das instalações
Instalação Elétrica	5,45	Compreende bombas de elevação de água
Elevadores Instalações Contra Incêndio	4,79	Compreende elevadores para 4 pessoas: 45m/min; Portas telescópicas; Comando simples, sem memória
Compactador de Lixo	0,59	

Fonte: Mascaró (1985)

"Nas estruturas de edifícios usuais, as lajes representam, no conjunto total da edificação, um consumo de concreto da ordem de 50% do volume total." (Giongo, 2007). Pelo exposto percebe-se a importância da análise da laje devido sua grande influência financeira na obra.

2.2 Laje Maciça

Segundo Bastos (2021), as lajes maciças são aquelas que possuem seção transversal constante ao decorrer de sua extensão, sendo muito utilizadas em estruturas de grande porte como pontes com grandes vãos e edifícios de múltiplos pavimentos.

As lajes maciças devem obedecer a critérios mínimos de espessura que estejam de acordo com a NBR 6118/2014 - Projeto de estruturas de concreto.

Figura 1 - laje maciça

Fonte: solucoesindustriais.com.br

A Figura 01 mostra a parte inferior de uma laje maciça, mostrando que, ao contrário das lajes nervuradas, não possuem vazios ou preenchimentos com outros materiais.

Segundo Archdaily (2018), as lajes maciças apresentam a vantagem de serem versáteis em sua utilização, podendo ter a função de placa e lâmina, porém, segundo o autor, ligadas a essas vantagens, tem-se a desvantagem da necessidade de uso elevado de formas e escoras o que eleva consideravelmente os custos e a produção de resíduos na obra.

Para além destas vantagens Junior & Filho (2019), destacam a não necessidade de mão-de-obra muito especializada e o excelente isolamento acústico proporcionado por este tipo de laje. Porém os mesmos autores apontam para o fato de os elementos lajes maciças possuírem elevado peso, exigindo assim o aumento da seção de outros componentes como vigas e pilares.

Para Spohr (2008 apud FARIA, 2010 p. 19), lajes maciças não são recomendáveis para grandes vãos, orientando que se utilize vãos entre 3,5 e 5m.

2.3 Laje Nervurada

A NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento (ABNT, 2014), define lajes nervuradas como "as lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração para momentos positivos está localizada nas nervuras entre as quais pode ser material inerte". Além disso, a norma define padrões mínimos de espessura da mesa e para as nervuras. A Figura 02 abaixo mostra uma laje nervurada.

Figura 2 - laje nervurada com enchimento de blocos de EPS

Fonte: isoares.com.br

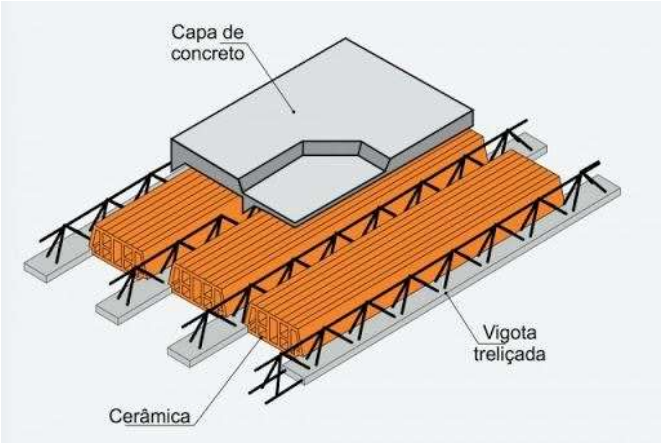
A grande vantagem deste tipo de laje, segundo Junior & Filho (2019), é a redução no volume de concreto pela substituição por um material mais leve. Os materiais mais utilizados são os blocos de EPS, blocos cerâmicos, blocos vazados de concreto ou cubetas.

Essa redução no volume concreto, segundo Junior & Filho (2019), apresenta vantagens como economia na mão-de-obra, materiais e formas, acarretando em simplificação na execução e aumento da produtividade. Segundos os autores este sistema construtivo mostra-se vantajoso em relação a laje maciça pela sua capacidade de vencer grandes vãos.

2.4 Laje Treliçada

Cardoso, Barga, Húngaro (2018), afirma que "nas lajes treliçadas ou pré-moldadas, evidencia-se a utilização de vigotas unidirecionais pré-fabricadas, composta de armadura tipo treliça ou trilho, sendo feita em concreto armado ou protendido". Além disso, esse tipo de laje também faz uso de matérias leves para enchimento. A norma que rege a laje de tipo pré-fabricada é a NBR 14859-1 – lajes pré-fabricadas de concreto – Parte 1: Vigotas, minipainéis e painéis – Requisitos. A Figura 03 apresenta uma representação deste tipo de laje.

Figura 3 - Representação de laje treliçada



Fonte: lajesjundiai.com.br

Segundo Cardoso, Barga, Húngaro (2018), esse tipo de laje apresenta as vantagens de não exigir mão-de-obra muito especializada e serem facilmente encontradas no mercado, e por isso são muito utilizadas nas obras de pequeno e médio porte.

De acordo com Archdaily (2018), o peso da laje treliçada e menor custo quando comparada a laje maciças são duas grandes vantagens, porém esse modelo não oferece muita liberdade de layout quando utilizada como laje piso, impossibilitando a adição de novas cargas como paredes ou outras de utilização.

2.5 Metodologia Bim

A origem do BIM não é consenso na literatura atual, para alguns o mesmo foi criado por um professor do Instituto de Tecnologia da Geórgia, Professor Charles M. Eastman. A criação é atribuída a ele pela semelhança entre Building Information Model e Building Product Model, termo este que foi amplamente usado pelo professor em suas literaturas. Muitos consideram que Eastman tenha criado o conceito, mas o termo foi utilizado pela primeira vez pelo arquiteto da Autodesk e por esse motivo considera-se que ele o tenha criado (Poças, 2015).

Com o uso desta tecnologia, segundo Coelho (2016), é possível construir um modelo virtual de uma edificação, sendo considerado o modelo acabado quando este for capaz de gerar informações acuradas sobre a geometria dos elementos que compõem a estrutura. Porém, esta definição refere-se somente a modelagem 3D, o que não define completamente o Bim, pois adicionadas outras variáveis como tempo e custos, tem-se outras dimensões, BIM 4 e BIM 5D, respectivamente.

2.5.1 Dimensões Bim (Bim 3d, Bim 4d E Bim 5d)

A metodologia BIM permite ir além da simples representação gráfica da estrutura no espaço tridimensional, sendo possível atribuir a cada elemento informações refe-

rentes às suas propriedades (Coelho, 2016). Portanto, nota-se que a modelagem 3D é o passo inicial, porém outras variáveis podem ser adicionadas ao modelo têm-se outras dimensões. Com a inclusão da variável tempo, que permite visualizar o desenvolvimento da obra no período de execução, tem-se o BIM 4D. Nesta dimensão é possível realizar o planejamento da obra e a organização de cada etapa.

Incluindo-se os custos referente a obra, chega-se à dimensão 5D que, segundo Coelho (2016), é possível através das informações obtidas nas fases anteriores. Além disso, para quaisquer alterações na modelagem 3D, gera atualização automática nas demais dimensões. Além das dimensões citadas há ainda a 6D e 7D, relacionadas a sustentabilidade e manutenção, respectivamente.

3 METODOLOGIA

Inicialmente determinou-se a quantidade de níveis da edificação, no qual foi acordado seis níveis, sendo o Térreo o 1º nível até à cobertura 6º nível. Após isso foi feita a configuração inicial do programa determinando os coeficientes de resistência desejados do concreto e determinando os tipos e diâmetros das barras de aço. Optou-se por C-25 em geral para o concreto e barras de aço CA-50 e CA-60 com diâmetros na armadura transversal de 5 mm e 6.3 mm com espaçamento de 12 mm e armadura longitudinal com aços de 10 mm, 12.5 mm e 16 mm e espaçamento de 12 mm. As dimensões adotadas para os pilares retangulares foram de 20 por 40 centímetros, para as vigas altas foi de 15 por 40 centímetros e para as lajes foi de 15 cm de espessura para a maciça, 5 cm de espessura para a camada de compressão para a nervurada e 20 cm de altura total, para a treliçada foi de 5 cm para à camada de compressão e 13 cm de altura total. Na questão da fundação optou-se pela sapata em concreto armado do tipo piramidal de base quadrada. A Carga de Utilização ou Carga Acidental (SCU) considerado foi de 1.5 kN/m² e a Carga Permanente (CP) foi 1.3 kN/m². A classe de agressividade ambiental foi CAA-II (agressividade moderada) e o cobrimento foi o estabelecido por norma. Para a velocidade característica do vento fez-se uso da NBR 6123 revelando uma velocidade básica de 38m/s, categoria II, classe A, e fator probabilístico de grupo 2. As cargas utilizadas foram 8 kN/m para paredes e 2 kN/m nos guarda-corpos do 1º ao 5º andar, na cobertura optou-se por fazer com uma carga de 3 kN/m nas vigas que cercam a estrutura.

Após os resultados dos quantitativos da obra em cada tipo de laje, utilizou-se o preço médio da região de Santarém-PA, com base no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), para analisar os custos de cada tipo de laje. O que se considerou foi o volume (m³) de concreto, a quantidade de fôrmas (m²) e as barras de aço (kg), pois entende-se que na etapa estrutural esses serão os custos de

maior expressividade da obra; contudo serão feitas as considerações sobre os outros elementos que compõem à mesma.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O programa utilizado modela a estrutura 3D mostrando os elementos e possíveis incompatibilidades, conforme a Figura 04. Nota-se que optou-se por não incluir o solo no modelo 3D para que fique visível os elementos da fundação.

Figura 4 - Modelo 3D da estrutura do edifício

Fonte: Elaborado pelo autor

Ele também realiza o dimensionamento da fundação e inclusão do aço nos elementos necessários, desta forma os quantitativos variam bastante de um tipo de laje para os outros, pois de acordo com o tipo elas implicam na quantidade de aço nos elementos e nas dimensões das fundações. Com isso, temos no Quadro 02 os quantitativos resumidos da obra quando utilizamos lajes maciças, nervuradas e treliçadas, respectivamente.

Quadro 2 - Quantitativos de Concreto e Aços por tipos de Lajes

	ELEMENTOS	VOLUME (M³)	BARRAS (KG)
LAJE MACIÇA	SAPATAS	20,64	576
	LAJES	77,16	3718
	VIGAS	58,56	2471
	PILARES	13,11	1576
	ESCADAS	4,4	585
	TOTAL	173,87	8926
LAJE NERVURADA	SAPATAS	18,17	496
	LAJES	44,76	1766
	VIGAS	58,56	2597
	PILARES	13,11	1415
	ESCADAS	4,4	585
	TOTAL	139	6859
LAJE TRELIÇADA	SAPATAS	16,26	458
	LAJES	34,85	388
	VIGAS	58,56	2780
	PILARES	13,11	1363
	ESCADAS	4,4	585
	TOTAL	127,18	5574

Fonte: Elaborada pelo autor

Nota-se que para os três tipos de laje algumas quantidades não se alteraram, porém é possível ver que houveram diferenças para alguns elementos e nas quantidades finais.

Em relação ao volume de concreto, nota-se expressiva desigualdade entre os quantitativos finais das lajes maciças e treliçadas, sendo que para laje maciça a estrutura apresenta necessidade de 46,69 m³ a mais de concreto, ou seja, um acréscimo de 36,71%. Como se vê no Quadro 01, os elementos que contribuíram nessa diferença foram as sapatas e as lajes. Entre as lajes nervuradas e treliçada a variação de volume foi de apenas 11,82 m³ a mais para laje nervurada.

Para os quantitativos de aço, nota-se que a estrutura que exigiu maior taxa de aço para concreto foi a que utilizou a laje maciça. A maior diferença está entre a laje maciça e treliçada, esta apresentou necessidade de 5574 kg de aço, enquanto aquela 8926 kg, um aumento de 60,42% a mais para laje maciça. Percebe-se pelo quadro acima que esta diferença se deve principalmente pela qualidade de aço nos elementos lajes, mas que os demais elementos também tiveram mudanças significativas como é o caso das sapatas e pilares.

Diante dos dados apresentados, resta analisar do ponto de vista dos preços dos insumos para compreender qual tipo de laje se mostra mais vantajosa para um edifício de 6 pavimentos.

4.1 Preços dos insumos

Para fins de análise, considerou-se apenas os preços referentes ao concreto armado, concreto usinado e aço, visto que foram poucas as diferenças na quantidade de formas e estas não representam o custo mais alto na execução estrutural. Os preços utilizados para análise neste trabalho foram os da composição de preços do SINAPI, disponibilizado no site da Caixa Econômica Federal e atualizado todos os meses. O Quadro 03 abaixo mostra os valores de cada material apresentado no quadro de quantitativos.

Quadro 3 - Preço de forma, concreto usinado e aço.

TIPO	DESCRIÇÃO DO INSUMO	UNIDADE	PREÇO
ACO CA-50	10,0 MM VERGALHAO	KG	R$ 7,86
ACO CA-50	12,5 MM OU 16,0 MM VERGALHAO	KG	R$ 6,81
ACO CA-50	20,0 MM OU 25,0 MM VERGALHAO	KG	R$ 7,85
ACO CA-50	32,0 MM VERGALHAO	KG	R$ 8,63
ACO CA-50	6,3 MM VERGALHAO	KG	R$ 8,29
ACO CA-50	8,0 MM VERGALHAO	KG	R$ 8,34
ACO CA-60	4,2 MM OU 5,0 MM OU 60 MM OU 70 MM VERGALHAO	KG	R$ 7,44
ACO CA-60	8,0 MM OU 95 MM VERGALHAO	KG	R$ 6,48
CONCRETO USINADO BOMBEAVEL	C25 COM BRITA 0 E 1 SLUMP = 100 +/- 20 MM e BOMBEAMENTO	M3	R$ 439,52

Fonte: Elaborada pelo autor

4.2 Valores totais da obra

Destaca-se o fato de o concreto utilizado ter sido de classe de resistência C25 no geral, porém para a barras de aço tem-se diâmetros diferentes, o que acarreta em valores diferentes. No Quadro 04 abaixo é apresentado a quantidade de barras por diâmetro e os respectivos custos para cada bitola.

Quadro 4 - Valores Totais de Aço por tipos de Lajes

TIPO DE LAJE	DIAMETRO	COMPRIMENTO (M)	PESO (KG)	PREÇOS
LAJE MACIÇA	Ø5	12072,08	2086	R$ 15.519,84
	Ø6.3	11004,56	2963	R$ 24.563,27
	Ø8	1124,75	490	R$ 4.086,60
	Ø10	2378,4	1611	R$ 12.662,46
	Ø12.5	1496,96	1585	R$ 10.793,85
	Ø16	105	182	R$ 1.239,42
	Ø20	3,15	9	R$ 70,65
	TOTAL	28184,9	8926	R$ 68.865,44
LAJE NERVURADA	Ø5	6657,62	1152	R$ 8.570,88
	Ø6.3	5566,17	1499	R$ 12.426,71
	Ø8	1505,5	655	R$ 5.462,70
	Ø10	2971,01	2015	R$ 15.837,90
	Ø12.5	1368,84	1449	R$ 9.867,69
	Ø16	28,27	89	R$ 606,09
	TOTAL	18097,41	6859	R$ 52.771,97
LAJE TRELIÇADA	Ø5	6789,6	1175	R$ 8.742,00
	Ø6.3	1043,17	280	R$ 2.321,20
	Ø8	1788,72	776	R$ 6.471,84
	Ø10	2633,22	1786	R$ 14.037,96
	Ø12.5	1223,63	1295	R$ 8.818,95
	Ø16	101,72	178	R$ 1.212,18
	Ø20	30,9	84	R$ 659,40
	TOTAL	13610,96	5574	R$ 42.263,53

Fonte: Elaborada pelo autor

A seguir é apresentado o Quadro 05 com os custos totais de cada obra com seu respectivo tipo de laje de acordo com os valores do SINAPI. Com isso busca-se fazer um comparativo entre os valores para evidenciar a qual tipo deve-se escolher para a obra.

Quadro 5 - Valores Totais da Obra por tipos de Lajes

TIPO	LAJE MACIÇA		LAJE NERVURADA		LAJE TRELIÇADA	
INSUMO	AÇO (KG)	CONCRETO (M3)	AÇO	CONCRETO	AÇO	CONCRETO
QUANTIDADE	8926	173,87	6859	139	5574	127,18
PREÇO	R$ 68.865,44	R$ 76.419,34	R$ 52.771,97	R$ 61.093,28	R$ 42.263,53	R$ 55.898,15
TOTAL	R$ 145.284,78		R$ 113.865,25		R$ 98.161,68	

Fonte: Elaborada pelo autor

A maior disparidade no custo total para o concreto armado se dá entre a laje Maciça e a Treliçada cujo valor da diferença é de R$ 47.123,10, cerca de 32,4% mais barata, com isso nota-se uma desigualdade expressiva no valor para esse tipo de estrutura estudada. No entanto, destaca-se o fato de que para edificações de maior volume, estas diferenças apontadas podem se inverter, tornando mais viável adotar-se outro tipo de laje, visto que mesmo a estrutura concebida com a laje de tipo treliçada tendo menor volume final de concreto e aço, porém as vigas apresentaram 12,5% a mais de aço. Portanto, com o presente estudo fica provada a considerável diferença no custo

final referente a estrutura sendo assim necessária uma análise a fim de verificar qual modelo é mais viável do ponto de vista econômico e executivo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o exposto, vimos a importância do BIM para o gerenciamento de uma obra evitando, dessa forma, desperdícios e optando por modelos mais viáveis com um menor custo. O presente trabalho cumpriu com seu objetivo e evidenciou as diferenças de custos entre os dados tipos de lajes, mostrando como um bom planejamento e escolha adequada pode reduzir os custos da estrutura em mais de 30%. Com isso, notamos que as tecnologias no campo da engenharia são necessárias para que tenhamos uma otimização do tempo e conseguir visualizar o futuro de uma obra antes de construí-la. Para o futuro pode-se ser feito um estudo buscando analisar o mesmo projeto, mas realizando a mudança na seção dos pilares ou aumentando o número de pavimentos para ver se os valores terão uma redução entre si ou um aumento, pois com o aumento da altura a influência do vento aumenta podendo afetar nos esforços a serem suportados na estrutura, alterando, dessa forma, os preços.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – procedimentos**. Rio de Janeiro. ABNT, 2014.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14859-1 – lajes pré-fabricadas de concreto – Parte 1: Vigotas, minipainéis e painéis – Requisitos.** Rio de Janeiro. ABNT, 2016. Rio de Janeiro. ABNT, 2016.

BOTELHO, Manoel H. C.; MARCHETI Osvaldemar. **Concreto armado eu te amo – Volume 2. 3ª Edição**. São Paulo: Blucher, 2011.

GIONGO, J. S. **Concreto armado: projeto estrutural de edifícios**. Apostila, São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, Departamento de Engenharia de Estruturas, 2007.

MASCARÓ, J.L**. O custo das decisões arquitetônicas.** São Paulo, Nobel, 1985.

PINHEIRO, Libânio M.; MUZARDO, Cassiane D.; SANTOS, Sandro P. **Lajes Maciças – Capítulo 11**, 2010.

SANTOS, Roberto E. dos. **A cultura do concreto armado no brasil: educação e deseducação dos produtores do espaço construído. Anais do iv congresso brasileiro de história da educação.** Universidade Católica de Goiânia. Goiânia, 2006. Disponível em: http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/05_biblioteca/acervo/santos_cultura/santos_cultura.htm. Acesso em: 14 abr. 2021.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Lajes de concreto.** São Paulo: Bauru, 2021, disponível em: https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Lajes.pdf. Acesso em: 20 abr. 2021.

ARCHDAILY - **Tipos de lajes de Concreto: Vantagens e Desvantagens**. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/889035/tipos-de-lajes-de-concreto-vantagens-e-desvantagens>. Acesso em: 14 abr. 2021.

SPOHR, V. H**. Análise comparativa: sistemas estruturais convencionais e estruturas de lajes nervuradas**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós – Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

SINAPI. Sistema Nacional de Pesquisa de Cu'stos e Índices da Construção Civil. **Relatório de Insumos e Composições – ABR/21 - COM DESONERAÇÃO.** Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-pa/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_PA_042021_Desonerado.zip. Acesso em: 05 maio 2021.

Poças, A., 2015. "Planeamento e controlo de projetos de construção com recurso ao BIM". Universidade do Minho. Tese de Mestrado.

COELHO, Diogo Filipe. **Utilização do BIM 4D e 5D enquanto metodologia avançada para o planeamento, preparação e monitorização de obras**. Orientador: Prof. Dr. João Couto e Prof. Dr. Dinis Leitão. 2016. 148 p. Dissertação (Grau de Mestre em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2016. Disponível em: http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/48360. Acesso em: 11 abr. 2021.

JUNIOR, Laércio Quesser; FILHO, Marcelo Debortol. **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DIFERENTES TIPOS DE LAJES QUANTO AS CARGAS GERADAS E CONSUMO DE MATERIAIS.** Disponível em: https://www.riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/8528/An%C3%A1lise%20comparativa%20entre%20diferentes%20tipos%20de%20lajes.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: Acesso em: 14 abr. 2021.

CARDOSO, Gustavo de Oliveira; BARGA, Leonardo; HÚNGARO, Fernando César. **ESTUDO COMPARATIVO DE CUSTOS DE DIFERENTES TIPOS DE LAJES APLICADAS EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR.** Disponível em: http://intertemas.toledoprudente.edu.br/index.php/ETIC/article/view/7296/67647550. Acesso em: 14 abr. 2021

BARALDI, L.T. **Sistemas estruturais**. 2010. Disponível em: <http://civilnet.com.br/Files/Sistemas%20Estruturais/1_Elementos%20estruturais.pdf>. Acesso em: 2 maio 2021.

CAPÍTULO 17

GANHO DE PRODUÇÃO ELÉTRICA UTILIZANDO O SISTEMA SEGUIDOR SOLAR DE EIXO VERTICAL

GAIN FROM ELECTRIC PRODUCTION USING THE VERTICAL AXIS SOLAR TRACKER SYSTEM

Gean Gilberto Galante[1]
Márlison Santos de Sá[2]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.17

1 Centro Universitário da Amazônia. https://orcid.org/0000-0002-3169-5357. geangalante@hotmail.com
2 Centro Universitário da Amazônia. https://orcid.org/0000-0001-7470-2636. 270102987@prof.unama.br

RESUMO

Os sistemas fotovoltaicos instalados da forma convencional, isto é, com painéis fixos, não aproveitam ao máximo a radiação solar no período da manhã e final da tarde. O aumento da produção energética em painéis fotovoltaicos pode ser obtido através de sistemas automatizados de seguidores solares, que são equipamentos capazes de acompanhar o movimento aparente do Sol, aumentando a eficiência de captação da energia solar. Desta forma, o presente trabalho, realizado na cidade de Santarém-Pará, Brasil, utilizou a plataforma Arduino para controle e posicionamento e comprovou que o conjunto seguidor solar teve como resultado um ganho de potência de 28,56% em relação ao conjunto fixo.

Palavras-chave: Seguidor solar. Eficiência energética. Painel fotovoltaico.

ABSTRACT

Photovoltaic systems installed in the conventional way, that is, with fixed panels, do not take full advantage of solar radiation in the morning and late afternoon. The increase in energy production in photovoltaic panels can be obtained through automated systems of solar trackers, which are equipment capable of following the apparent movement of the Sun, increasing the efficiency of capture of solar energy. Thus, the present work, carried out in the city of Santarém-Pará, Brazil, used the Arduino platform for control and positioning and proved that the solar tracker set resulted in a power gain of 28.56% in relation to the fixed set.

Keywords: Solar tracker. Energy efficiency. Photovoltaic panel.

1 INTRODUÇÃO

As estruturas fixas comumente encontradas em sistemas de painéis fotovoltaicos apresentam uma limitação quanto a produção de energia de uma maneira eficiente. Com o movimento da Terra, raramente as placas atingem a posição de máxima produção e quando ocorre é por um breve período, levando ao aumento do número de painéis para atingir um determinado nível de geração.

A implementação do rastreador solar promove um ganho de produção significativo, aumentando a eficiência de geração do sistema e trazendo um retorno de investimento de curto prazo. Essa tecnologia otimiza a planta de geração em relação a área disponível de instalação, sendo um recurso muito valioso para diversas regiões do país com maior aproveitamento energético por m².

O presente trabalho tem como objetivo demonstrar o ganho de eficiência em um sistema de seguidor solar comparado com um sistema fixo tradicional. Utilizando a plataforma Arduino temos uma comparação direta entre a geração de energia de um painel fotovoltaico com o seguidor solar e de um painel fotovoltaico fixo na cidade de Santarém – Pará, Brasil.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Radiação solar

Através da estrela central do sistema solar, o sol, ocorrem radiações recebidas na terra. Essa energia proveniente do Sol é irradiada para o universo na forma de radiações eletromagnéticas. A grande maioria da vida neste planeta está relacionada à existência desta estrela, pois está depende da luz e de sua energia (RIFKIN, 2003).

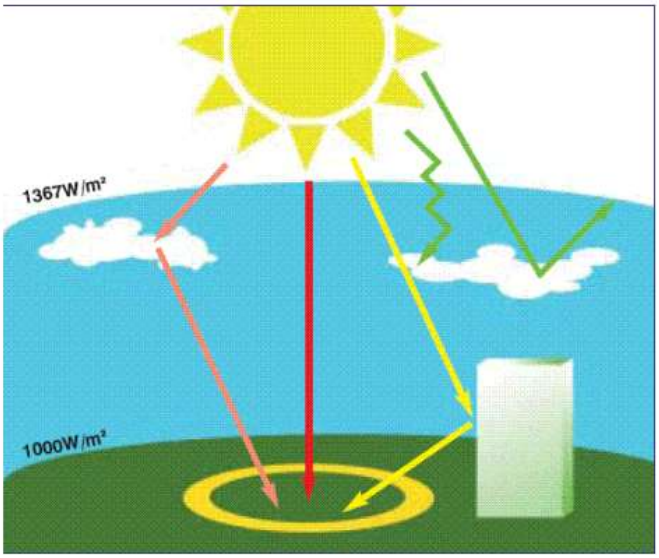
Segundo Viana (2010), a radiação incidente em uma superfície inclinada, como a atmosfera terrestre, é chamada de radiação total e está inclui duas componentes: direta e difusa. Além destas, há mais uma parcela devida à radiação refletida na superfície e nos elementos do entorno, que é função do albedo do local.

De acordo com a NBR 10899 (NBR, 2006), o albedo é o índice relativo à fração da energia solar, incidida em uma unidade de área, devida à refletância dos arredores e do solo onde está instalado um dispositivo.

Em uma determinada posição geográfica é levada em consideração a análise fotovoltaica onde pode-se medir valores como a média diária, mensal e anual de irradiação (ALMEIDA, 2012).

A junção da radiação direta, difusa e de albedo recebe o nome de Irradiação Solar Total. Observe a figura 1 a seguir (FADIGAS, 2012).

Figura 1 - Irradiação Solar Total.



Fonte: FADIGAS (2012).

2.2 Movimentos da terra

Segundo Saczk et al, (2018) o planeta Terra dispõe de três movimentos periódicos: a rotação, a translação e a precessão. Porém a precessão tem duração de aproximadamente de 26000 anos e não será considerado para fins desse projeto.

Responsável pelos dias e noites, ou seja, nascer do sol e pôr-do-sol contamos com o movimento chamado de rotação. Este é o movimento do planeta Terra em torno do seu próprio eixo, inclinado em 23, 45º. Tem duração de 23 horas e 56 minutos e velocidade com poucas variações durante o ano (COSTA, 2017).

Contamos também com a chamada translação que é um movimento orbital, segundo uma elipse, em torno do Sol com duração de 365,25 dias. Não possui velocidade constante, pois os dois focos em que a Terra estão mais próximos do Sol, sua velocidade é maior que nos outros dois focos (COSTA, 2017).

2.3 A tecnologia fotovoltaica

A conversão direta da luz solar em eletricidade originou a energia solar fotovoltaica. Uma conversão realizada através do Efeito Fotovoltaico, observado em 1839 por Edmond Bequerel. Assim, quando incidia uma luz sobre uma estrutura semicondutora se estabeleceu uma diferença de potencial nas extremidades (NASCIMENTO, 2004).

A primeira célula fotovoltaica usando silício foi apresentada no ano de 1954, pelos pesquisadores Calvin Fuller, Gerald Pearson e Daryl Chapin. Essa apenas dois centímetros quadrados de área e uma eficiência de 6%, gerando 5 mW de potência elétrica (VALLÊRA, 2006; BRITO, 2006).

2.4 Componentes do sistema fotovoltaico

2.4.1 Célula fotovoltaica

As células fotovoltaicas são dispositivos que utilizam da conversão de energia solar em eletricidade. É nesse dispositivo que ocorre primeiramente a conversão da energia (ALMEIDA, 2012).

O progresso da tecnologia fotovoltaica se deve em grande parte ao aperfeiçoamento dos materiais utilizados na produção das células (COELHO et al. 2008).

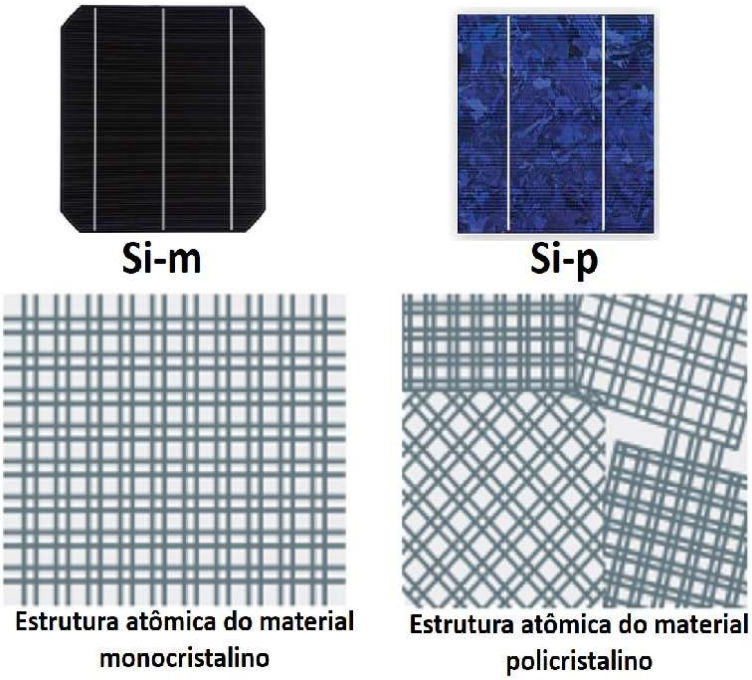
Encontram-se sete tipos de células fotovoltaicas: célula de silício monocristalino, célula de silício policristalino, célula de silício amorfo, célula de silício cristalizado, célula de película fina, célula disseleneto de cobre e índio, célula telureto de cádmio (LOPEZ, 2012).

O silício monocristalino é o material mais usado na formação das células fotovoltaicas, alcançando cerca de 60% do mercado. A regularidade da estrutura molecular resultante da utilização de um cristal único é ideal para potenciar o efeito fotovoltaico. O aproveitamento máximo atingido em laboratório aproxima-se aos 24%, o qual em utilização prática se reduz para cerca de 15%. A produção de silício cristalino é cara (CASTRO,2002).

Ainda segundo Castro (2002), o silício policristalino, formado por um número muito alto de pequenos cristais da espessura de um cabelo humano, dispõe de uma parcela de mercado de cerca de 30%. As descontinuidades da estrutura molecular dificultam o movimento de elétrons e incentivam a recombinação com as lacunas, o que diminui a potência de saída. Dessa forma, os rendimentos em laboratório e em utilização prática não ultrapassam os 18% e 12%, respectivamente. Em contrapartida, o processo de criação é mais barato do que o do silício cristalino (CASTRO,2002).

A figura 2 a seguir demonstra as diferenças da estrutura atômica do silício monocristalino e o silício policristalino.

Figura 2 - Estrutura atômica do silício monocristalino e policristalino.



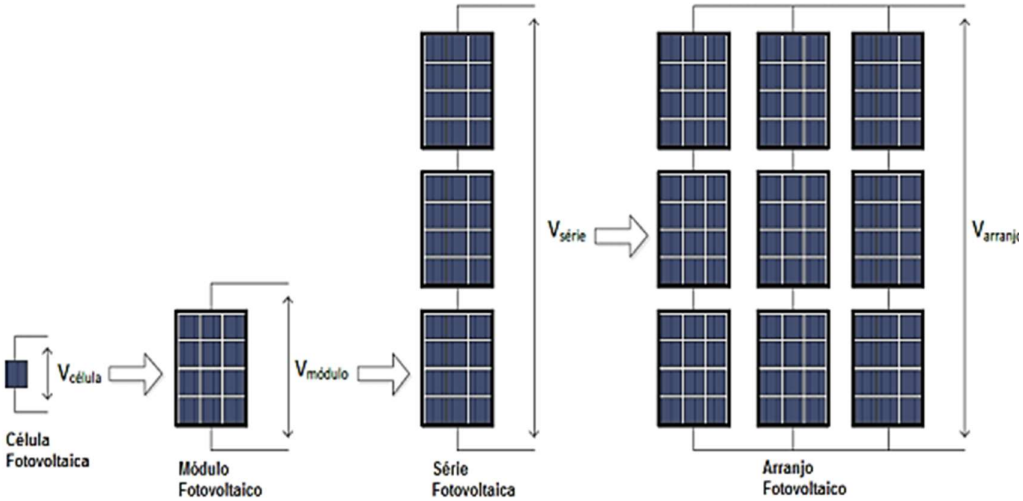
Fonte: Site VOCESOLAR (2019).

2.4.2 Módulo fotovoltaico

Uma célula fotovoltaica oferece uma tensão de saída muito baixa, ainda que esta esteja funcionando em sua máxima potência. Com o objetivo de elevar a potência de saída os módulos fotovoltaicos são formados por ligação em série e/ou paralela de células fotovoltaicas (PATEL, 2005).

Quando a demanda de tensão de um sistema é muito alta, estes módulos podem ser agregados em série, dispondo de uma Série Fotovoltaica, ou em paralelo, compondo um arranjo fotovoltaico, conforme a figura 3 (ALMEIDA, 2012).

Figura 3 - Hierarquia dos componentes de um sistema fotovoltaico.



Fonte: ALMEIDA (2012).

2.5 Seguidor solar

Um seguidor solar, também conhecido como rastreador ou *tracker*, é um conjunto mecânico que tem por finalidade posicionar os painéis fotovoltaicos da forma mais favorável a captar o máximo de radiação solar possível, buscando sempre manter o painel perpendicular à radiação solar incidente. Com facilidade podem ser implementados em basicamente todas as aplicações que utilizem energia solar (CORTEZ, 2013).

2.5.1 Modelos de seguidor solar

Existem muitos tipos de seguidores solares, variando em custo, complexidade e funções. Eles podem fazer o seguimento através de vários eixos e garantir diferentes níveis de precisão, conforme descritos abaixo (CORTEZ, 2013):

- Seguidor solar de eixo único;
- Seguidor solar de eixo horizontal;
- Seguidor de eixo vertical ou azimute;
- Seguidor de plataforma rotativa.
- Seguidor de dois eixos;

2.6 Elementos de controle e posicionamento

2.6.1 Arduino

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto, elucidado na figura 4, com grande flexibilidade e facilidade de uso do hardware e software. É destinado a qualquer pessoa que esteja interessada em criar formas de interação com objetos ou o ambiente. Em termos práticos, é um pequeno computador que pode ser programado para processar entradas e saídas que estejam conectados a ele (MCROBERTS, 2011).

Com o seu código aberto, qualquer pessoa pode utilizar os esquemas ou os projetos do Arduino. O software utilizado para escrita do código, o IDE, é disponibilizado pela equipe desenvolvedora do projeto Arduino disponível em seu endereço eletrônico. A programação do Arduino é feita utilizando o IDE (*Integrated Development Environment*, ou Ambiente de Desenvolvimento Integrado), no qual o usuário escreve o código na linguagem que o Arduino compreende baseada na linguagem C/C++ (BRIDI *et al.*, 2013).

Figura 4 - Arduino Uno.

Fonte: ARDUINO (2021).

2.6.2 Resistores dependentes de luz

O resistor dependente da luz, ou LDR, mostrado na figura 5, é um dispositivo semicondutor eletrônico que tem como característica certa resistência de acordo com a quantidade de luz incidente sobre ele de forma quase linear e seu funcionamento é explicado pelo efeito fotoelétrico. Quando o LDR é exposto a um feixe luminoso, começa a dispor de elétrons livres, fazendo sua resistência diminuir; reduzindo o feixe luminoso, começa a faltar elétrons livres, aumentando a resistência do mesmo (JUNIOR *et al.*, 2013).

Figura 5 - Resistor Dependente de Luz.

Fonte: RSDELIVERS (2021).

2.6.3 Servo motor

Servo motores são máquina eletromecânicas que o controlam a velocidade e rotação através da realimentação de um sensor acoplado ao eixo e controlador específico. Estes são classificados como motores síncronos, porém possuem características especiais em relação aos demais do mesmo estilo (NASCIMENTO JUNIOR *et al.*, 2013; ALCIATORE & HISTAND, 2014).

Figura 6 - Servo motor.

Fonte: FILIPEFLOP (2021).

3 METODOLOGIA

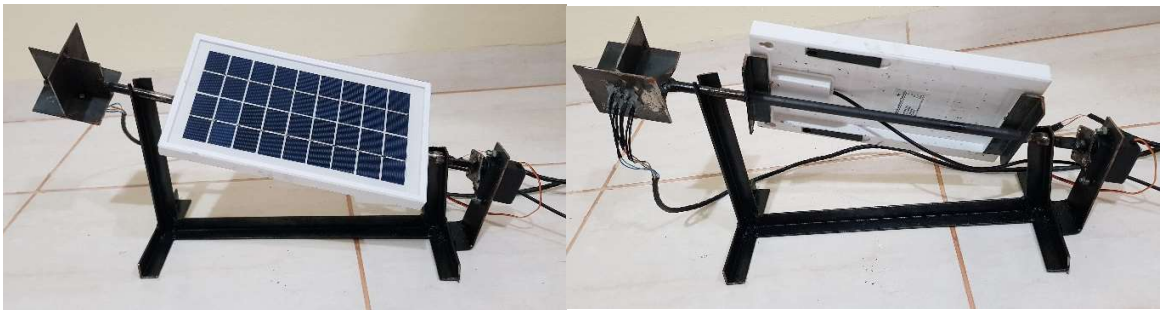
Os materiais utilizados na construção do sistema estão listados e detalhados a seguir:

- 2 Painéis fotovoltaicos 11V x 3,5W;
- 1 Placa controladora Arduino UNO R3
- 4 Fotoresistores LDR 5mm;
- 1 Botão azul de pulso NA;
- 1 Fonte bivolt 9V
- 1 Kit de cabo jumper
- 1 Kit de Resistores
- 1 Servo motor TowerPro MG995;
- 1 Modulo leitor de cartão SD;
- 1 Cartão de memória 4GB;
- 1 Protoboard 830 furos;
- 1 Protoshield para Arduino UNO;
- Duas protoboards e fios de conexão eletrônica;
- 1 Multímetro digital;
- 1 Kit de Solda eletrônica;
- 1 Alicate de corte;
- 1 caixa de PVC;
- Chaves de fenda e Philips;
- Parafusos;

3.1 Construção mecânica

Para a instalação e fixação do painel fotovoltaico no sistema Tracker, foi montado uma estrutura de cantoneira de aço com inclinação de 15° onde a placa é fixada sobre um eixo, que está acoplado ao motor. Em linha com o eixo foi soldado o bloco com os sensores LDR's de acordo com a figura 7 a seguir.

Figura 7 - Estrutura mecânica do rastreador solar.



Fonte: Autores (2021).

3.2 Programação de controle

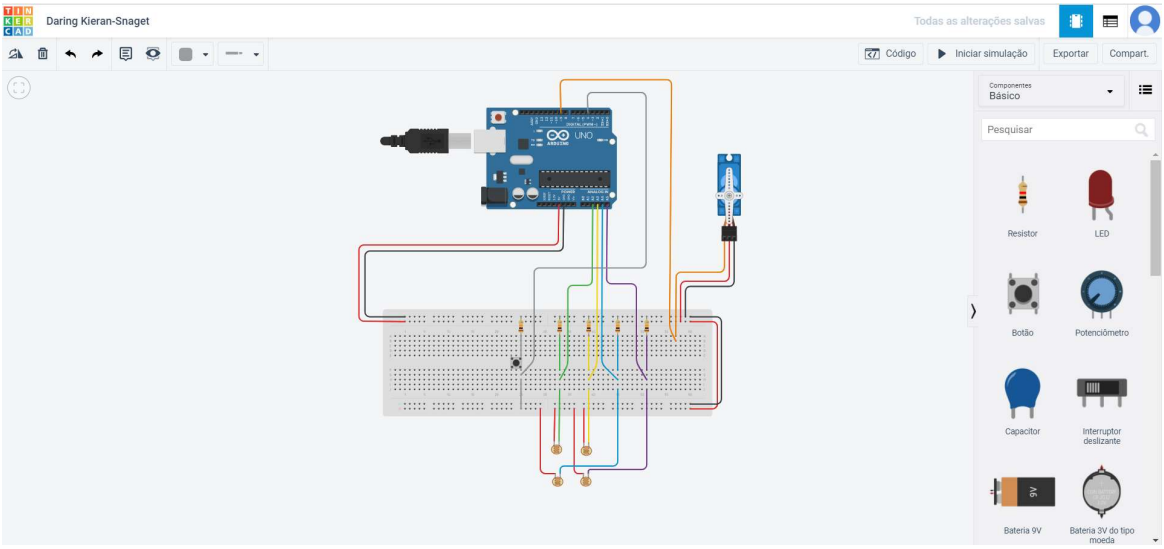
Para a programação do Arduino foi utilizada a interface da IDE, que é um software livre que permite programar na linguagem baseada em C/C++. O IDE permite implementar um programa de computador, que é um conjunto de instruções de operação do microcontrolador. Em seguida realizou-se o upload para a placa Arduino. Dessa maneira, o Arduino se torna capaz de executar as instruções e interagir com os dispositivos conectados a ele (MCROBERTS, 2011). Os dados de geração foram gravados utilizando o *shield sd card* na figura 8.

Figura 8 - Placa SD Card.

Fonte: FILIPEFLOP (2021).

Ainda na fase de programação foi desenvolvido o código do circuito utilizando o Tinkercad, ilustrado na figura 9, uma ferramenta online e gratuita de simulação de circuitos elétricos. Após montado o circuito na plataforma foi desenvolvido a lógica de programação e realizado os testes para verificação do circuito de modo online. Partindo então para a montagem física.

Figura 9 - Simulação online utilizando Tinkercad.

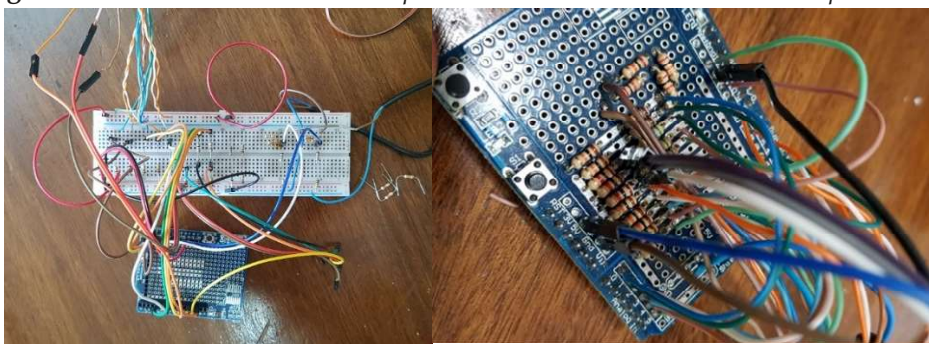


Fonte: Autores (2021).

3.3 Sistema eletrônico de controle

O sistema de controle, posicionamento e gravação de dados foi feito pelo Arduino, para o modelo de teste foi utilizando a *protoboard* de 830 furos. Após concluído os ajustes o circuito foi instalado e soldado na *protoshield* do Arduino UNO, método adotado para reduzir interferências e falhas por mau contato, assim demonstrado pela figura 10.

Figura 10 - Modelo teste utilizando *protoboard* e modelo final utilizando *protoshield*.



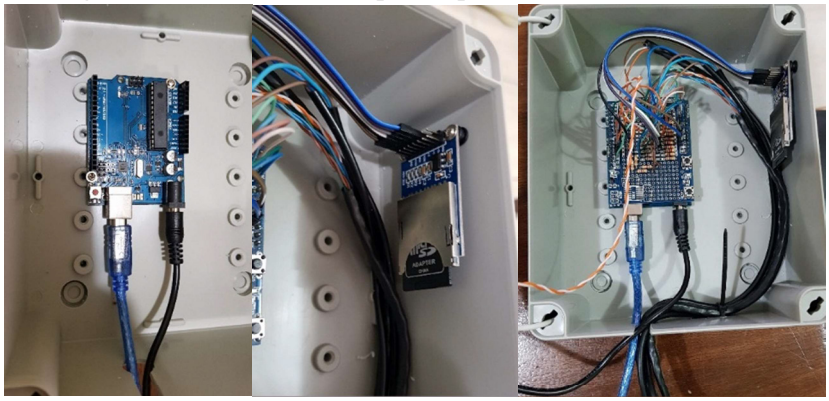
Fonte: Autores (2021).

As entradas analógicas de tensão dos 4 LDR's são alimentadas por um circuito série de um LDR e uma resistência de 10kΩ. Para a leitura da tensão foi instalado um divisor de tensão para cada painel, sendo R1 40kΩ e R2 com 28kΩ. Em seguida, a entrada digital do botão de ligar foi conectada a uma resistência de 10kΩ.

Nas saídas digitais, conectou-se o motor, que faz o posicionamento do painel e a placa SD card, que faz a gravação da tensão dos dois painéis no cartão de memória.

Depois de finalizados os testes com a protoboard e feito a soldagem dos componentes na placa *protoshield*, as placas foram fixadas dentro de uma caixa de PCV para proteção e isolação, assim temos a versão final do protótipo, ilustrado na figura 11.

Figura 11 - Versão final do protótipo instalado na caixa PVC.



Fonte: Autores (2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da metodologia descrita no item 3 foi concluída a montagem do protótipo de seguidor solar, conforme demonstrado na figura 12.

Figura 12 – Protótipo de seguidor solar concluído.

Fonte: Autores (2021).

A figura 13 demonstra o conjunto em operação.

Figura 13 – Sistema *Tracker* e sistema fixo em operação.

Fonte: Autores (2021).

Quanto ao código implementado no circuito, conforme as figuras 14 e 15, o mesmo é composto basicamente por cinco etapas que se repetem durante o processo de operação: Ler a tensão dos painéis fotovoltaicos, ler a tensão dos sensores LDR's, gravar os dados lidos, comparar o sinal lido do par de LDR's da direita com o par da esquerda, se o resultado da comparação tiver diferença inicia-se o movimento para igualar os sinais.

Figura 14 – Código implementado.

```
//le a tensão da placa
tensao_fixa = (((analogRead(A0))*5.0)/1023)*(11/4.529);
tensao_tracker = (((analogRead(A1))*5.0)/1023)*(11/4.529);

//le a tensão dos sensores LDR
ldr_topo_esquerda = map(analogRead(A2),1,750,0,100);
ldr_topo_direita = map(analogRead(A3),1,800,0,100);
ldr_baixo_esquerda = map(analogRead(A4),1,750,0,100);
ldr_baixo_direita= map(analogRead(A5),1,700,0,100);

//calcula a média da luz nos pontos
ldr_esquerda = ((ldr_topo_esquerda + ldr_baixo_esquerda) / 2);
ldr_direita = ((ldr_topo_direita + ldr_baixo_direita) / 2);

// grava os dados
Serial.print("ldr_direita : ");
Serial.println(ldr_direita);
Serial.print("ldr_esquerda : ");
Serial.println(ldr_esquerda);
Serial.println("calculo de luz ok");
delay(5500);
```

Fonte: Autores (2021).

Figura 15 – Código implementado.

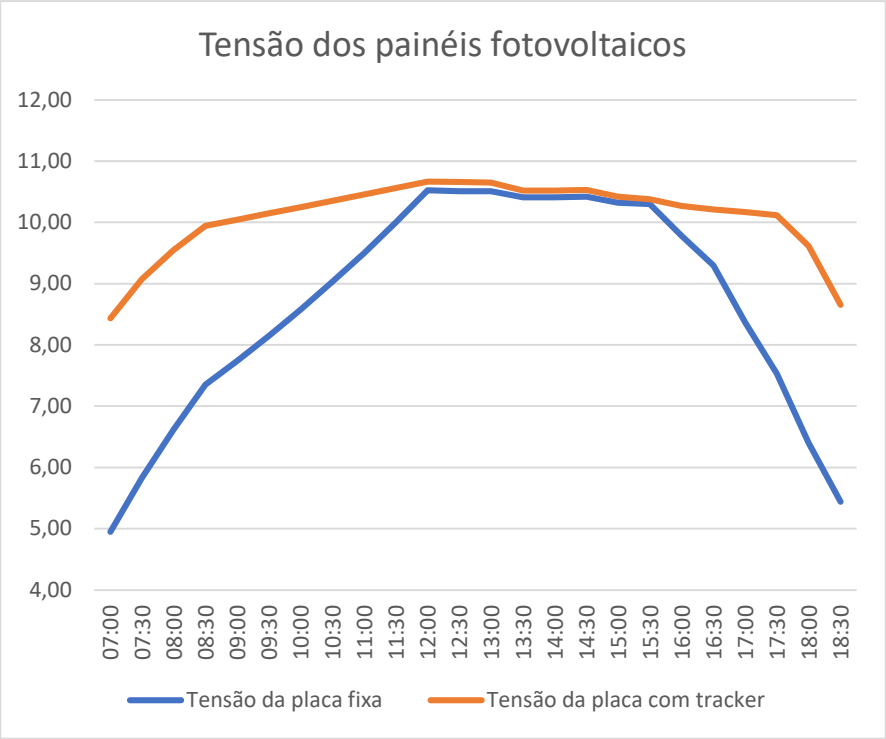
```
//começa o controle de posição
if (abs(ldr_direita - ldr_esquerda) > 4){
    if ((ldr_direita < ldr_esquerda) && (servo_9.read() > 0)){
       servo_9.write((servo_9.read() - 1));
       Serial.println("girando para a esquerda");
       delay(500);
       }

    if ((ldr_direita > ldr_esquerda) && (servo_9.read() < 180)){
       servo_9.write((servo_9.read() + 1));
       Serial.println("girando para a direita");
       delay(500);
       }
 }
```

Fonte: Autores (2021).

A coleta de dados foi realizada em um típico dia ensolarado. Os resultados de tensão estão apresentados na figura 16.

Figura 16 – Tensão dos painéis fotovoltaicos.

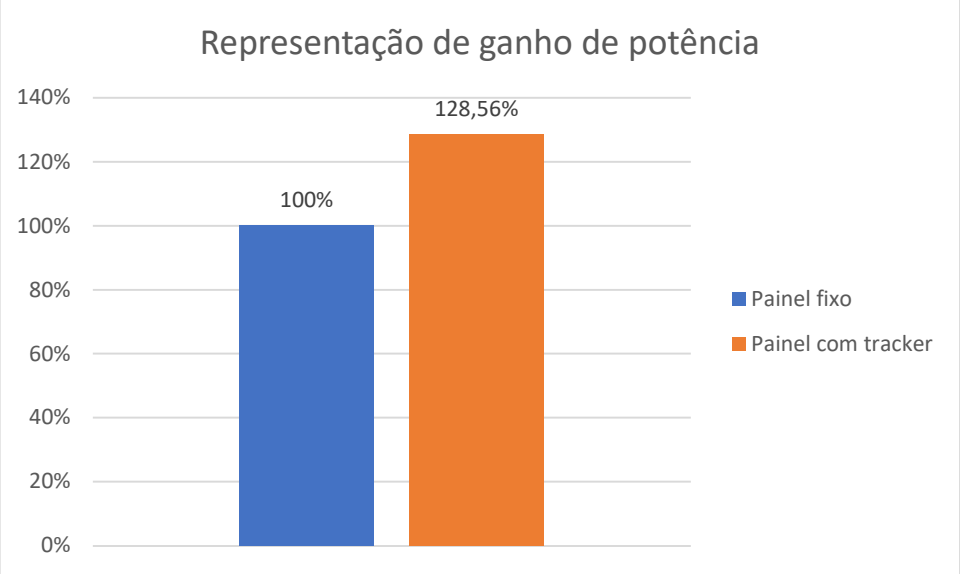


Fonte: Autores (2021).

Com os valores obtidos, percebe-se o aumento da produção de energia do sistema com o rastreador solar em comparação com o sistema fixo tradicional.

O resultado da leitura realizada apontou um ganho de potência de 28,56% em relação ao conjunto fixo de acordo com a figura 17.

Figura 17 - Representação de ganho de potência



Fonte: Autores (2021).

Os resultados obtidos foram muito satisfatórios, já que a eficiência do sistema *Tracker* apresentou um ganho percentual bastante promissor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento da produção energética em painéis fotovoltaicos pode ser obtido através de sistemas automatizados de seguidores solares. Tais dispositivos dão ao painel, ou conjunto de painéis a habilidade de acompanhar o movimento aparente do Sol. O presente trabalho apresentou a sequência metodológica do desenvolvimento de um seguidor solar de eixo vertical.

Os resultados apontaram um ganho de 28,56% do conjunto com seguidor solar. Considerando o custo, a facilidade de desenvolvimento e os ganhos energéticos o sistema se mostrou promissor.

Considerando a baixa variabilidade do plano do movimento aparente do Sol em regiões próximas a linha do equador, sugere-se para trabalhos futuros, a comparação dos ganhos com o sistema de eixo vertical e azimutal.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR, A. 10899 Energia solar fotovoltaica - terminologia**, São Paulo, 2006.

ALCIATORE, David G. HISTAND, Michael B. **Introdução à mecatrônica e aos sistemas de medições**. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

ALMEIDA, M. P. **Qualificação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. Universidade de São Paulo. SP: 2012.

ARDUINO. Arduino Uno. Disponível em: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. Acesso em: 13 Maio de 2021.

BRIDI, E. *et al*. Oficina De Arduíno Como Ferramenta Interdisciplinar No Curso De Engenharia Elétrica Da Ufmt: A Experiência Do Pet-Elétrica. Disponível em: < https://antigo.ufmt.br/ufmt/site/userfiles/eventos/33c3ac5396238d7ddadcba87c9aadc4d.pdf>. Acesso em: 10 de maio de 2021.

CASTRO, R. M. G. **Energias Renováveis e Produção Descentralizada**. Universidade Técnica de Lisboa Instituto Superior Técnico. Lisboa, p. 8. novembro, 2002.

COELHO, R. F. *et al.* **Estudo dos conversores buck e boost aplicados ao rastreamento de máxima potência de sistemas solares fotovoltaicos**. Florianópolis. SC: 2008.

CORTEZ, R. J. M. **Sistema de Seguimento Solar em Produção de Energia Fotovoltaica.** Universidade de Porto, Porto: 2013.

COSTA, J. R. D. V. Os movimentos da Terra. Disponível em: <http://nossaciencia.com.br/colunas/os-movimentos-daterra/>. Acesso em: 05 maio de 2021.

FADIGAS, E. A. F. A. **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade Técnico-Econômica**. USP. São Paulo, p. 71. 2012.

FILIPEFLOP. Servo motor MG995 engrenagens de metal. Disponível em:< https://www.filipeflop.com/produto/servo-towerpro-mg995-metalico/>. Acesso em 10 maio de 2021.

JUNIOR, J. J. A. M; JUNIOR, S. L. S. **LDR e sensores de luz ambiente: funcionamento e aplicações.** UTFPR, PR: 2013.

LOPEZ, R. A. **Energia Solar para Produção de Eletricidade**. São Paulo: Artliber Editora, 2012.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico**. [tradução Rafael Zanolli]. São Paulo, Novatec Editora, p 22 – 24, 2011.

NASCIMENTO, C. A. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica**. Universidade Federal de Lavras. MG: 2004.

NASCIMENTO, J.; CARVA, G. **Máquinas elétricas: teorias e ensaios.** 1. ed. São Paulo: Érica, 2006.

PATEL, M. R. **Wind and solar power systems: design, analysis, and operation**. CRC press, 2005.

RIFKIN, J. A economia do hidrogênio. SciELO Brasil, 2003. Disponível em: < https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2003000200014>. Acesso em 10 maio de 2021.

RSDELIVERS. Sensores de luminosidade LDR. Disponível em:<https://br.rsdelivers.com/product/silonex/norps-12/silonex-250-v-through-hole-ldr-light-dependent/0651507>. Acesso em 10 maio de 2021.

SACZK, B; CALLEGARI, G. C; SILVA, V. H. P. **Rastreador solar para placas fotovoltaicas.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. PR: 2018.

VALLÊRA, A. M.; BRITO, M. C. **Meio século de história fotovoltaica**. Gazeta da física, v. 29, n. 1, p. 10–15, 2006.

VIANA, T. S. **Potencial de geração de energia elétrica com sistemas fotovoltaicos com concentrador no Brasil**. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. SC: 2010.

VOCESOLAR. Célula Fotovoltaica. Disponível em:<http://vocesolar.com.br/celula--fotovoltaica-da-luz-solar-a-energia-eletrica/>. Acesso em 10 maio de 2021.

CAPÍTULO 18

ANÁLISES DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS GERADAS EM DECORRÊNCIA DE RECALQUE DIFERENCIAL - IGREJA DE FREI RAINÉRIO NO MUNICÍPIO DE SANTARÉM, PARÁ

ANALYSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS GENERATED AS A RESULT OF DIFFERENTIAL REPRESSION - FREI RAINÉRIO CHURCH IN THE CITY OF SANTARÉM, PARÁ

Gabriel Rêgo Bentes[1]
Rayny Adriane de Aguiar Cruz[2]
Cláudio Dornelis de Freitas Cardoso[3]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.18

1 Unama. GabrielRêgoBentes. gabrielrbentes@gmail.com
2 Unama. Rayny Adriane de Aguiar Cruz. raynyadriane@gmail.com
3 Unama. Claudio Dornelis de Freitas Cardoso. dornelis.unama@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho apresenta a análise e mapeamento das manifestações patológicas observadas nas partes internas e externas de uma edificação, situada no município de Santarém-PA. As anomalias são resultantes de degradações da construção civil que podem ser ocasionadas por uso de materiais inadequados, falta de projetos e de mão de obra não especializada. Este estudo de caso tem como objetivo providenciar subsídios para o desenvolvimento de um sistema de manutenção, a partir de inspeções visuais in loco. Aspirando estabelecer as bases teóricas realizou-se a revisão bibliográfica, abordando as ideias fundamentadas em pensadores da área. Observou-se que as manifestações patológicas são decorrentes do recalque de fundação, movimentação inadequada do solo, falta de manutenção preventiva e falhas construtivas. Com base nas informações obtidas e os resultados das análises pode-se avaliar as principais medidas de profilaxias para a conservação da estrutura, como o reparo de trincas e fissuras verificadas ao longo da edificação.

Palavras-chave: Anomalias. Materiais inadequados. Recalque de Fundação.

ABSTRACT

This work presents the analysis and mapping of the pathological manifestations observed in the internal and external parts of a building, located in the city of Santarém-PA. Anomalies are special degradations in civil construction caused by the use of inappropriate materials, lack of projects and unskilled labor. This case study aims to provide subsidies for the development of a maintenance system, based on visual inspections in the building. Aspiring to establish a theoretical basis it was made a bibliographic review, addressing the ideas based on researchers of the subject. It was observed that the pathological manifestations are due to the foundation repression, inadequate soil movement, lack of preventive maintenance and construction failures. According to the information and results of the analyzes, it is possible to evaluate the main prophylactic measures for the conservation of the structure, such as the repair of cracks and fissures verified throughout the building.

Keywords: Anomalies. Inappropriate materials. Foundation repression.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento populacional proporcionou o crescimento da construção civil, instigou o surgimento de padrões regularizados por normas. Buscou-se, a necessidade dos estudos e análise dos erros que acontecem ou já ocorreram (Souza e Ripper,1998).

De acordo com Almeida (2016) as anomalias decorrentes do baixo desempenho dos materiais usados na construção civil são denominadas de manifestações patológicas. Revelam-se de inúmeras maneiras, como: trincas, fissuras, rachaduras, infiltrações. Desvios que ocasionam perturbações, fora da normalidade são responsáveis pela degradação e minimização da vida útil das edificações.

Segundo Helene (1992) na maioria dos casos, os problemas de manifestação patológica são de fácil visualização externa, a partir da qual se pode deduzir sua natureza, a origem e os mecanismos dos fenômenos envolvidos, assim como pode-se estimar prováveis consequências.

O projeto busca averiguar a análise técnica das manifestações patológicas presentes em uma edificação e, ressaltar os motivos, propostas de tratamentos e projeto de correção.

A metodologia desenvolvida consistiu em inspeção visual do local, verificação de projetos, desse modo mapear a estrutura com o intuito de identificar as causas e origens das patologias.

Todas as edificações durante o processo de construção ou após sua conclusão, estão submetidas a deslocamentos verticais lentos, até o alcance do equilíbrio entre cargas direcionadas às fundações e posteriormente ao solo em que estão firmadas.

As execuções dos elementos de infraestrutura devem ser realizadas de maneira correta, desde ensaios de reconhecimento do solo, escolha adequada do tipo de fundação para devido perfil de solo, com intuito de evitar o recalque total ou diferencial da edificação.

As consequências da má elaboração dos processos construtivos na igreja católica Frei Rainério localizada na cidade de Santarém-Pará, tornou-se o objeto de estudo desde trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Propriedades dos solos

O solo é constituído de partículas sólidas, água, ar e por vezes, material orgânico. Segundo Das (2007), para fins de engenharia utiliza-se o solo como material de construção em varios projetos e estear as fundações estruturais.

De acordo com Jenny (1941), os solos são formados principalmente pelo clima, relevo, tempo, material de origem e organismos.

Todo solo sob carregamentos externos se deforma e a intensidade com que este fenômeno ocorre tem como consequência efeitos diretos na estrutura.

Se o solo é uma argila dura ou areia compacta, o recalque ocorre por mudança de forma, carga atuante e módulo de deformação. No caso de solos fofos ou moles o recalque basicamente surge pela diminuição do volume do solo por conta da agua presente no bulbo de tensões.

Os solos orgânicos segundo Murthy (2003) são solos sedimentares com a presença de vegetais ou animais em decomposição. Estes possuem notáveis indícios de vazios, baixa capacidade de carga e considerável compressibilidade. Em razão de carregamentos externos, os recalques ocorrem de maneira mais ativa (PINTO, 2006).

2.2 Investigação geotécnica preliminar

Segundo a norma ABNT NBR 6122/2019, toda e qualquer edificação precisa de uma investigação geotécnica preliminar, composta pelo menos por sondagem a percussão (SPT – standart penetration test) e, posteriormente a isso, através dos resultados obtidos poderá haver a necessidade de uma análise secundária.

Segundo Rabello (2008) o ensaio de penetração normal ou SPT, é o mais conhecido no mundo e principalmente no Brasil. Da maneira como o mesmo é executado, é designado também como sondagem à percussão, este método de investigação permite conhecer a posição do nível d'água, tipo de solo por meio da retirada de uma amostra deformada de acordo com a DNER (1994) e a resistência do solo.

2.2.1 Deficiência na investigação geotécnica

De acordo com Milititsky, Consoli e Schnaid (2008), a deficiência na investigação geotécnica é uma causa típica de obras de pequeno porte, por causa dos custos.

A quantidade insuficiente de sondagens acarreta em problemas futuros, haja vista que não há a identificação de áreas propícias ao recalque, pelo fato de se desconhecer as características do subsolo, o que ocasiona a movimentação das fundações e o aparecimento de patologias.

2.3 Recalque

Segundo Colares (2006), o recalque são deformações que ocorrem no solo no momento que se submete a cargas. Essas alterações provocam movimentações na infraestrutura, e com isso de acordo com a intensidade pode provocar grandes consequências na superestrutura.

Recalque de fundação é o deslocamento vertical da base em relação ao ponto de referência. Ocorre principalmente por variação de forma, volumétrica ou pelo maciço de solo abaixo da fundação.

A heterogeneidade do solo dificulta a previsão dos recalques, apesar de haver uma grande gana de estudos, que ainda confrontam as teorias. Desse modo, a determinação mais precisa dos recalques depende da melhoria das técnicas de investigação do solo, análise interativa com a estrutura e a elaboração de modelos representativos mais elaborados.

2.3.1 Recalque diferencial

O recalque total (ρt) de uma fundação, conhecido também como absoluto, é definido pelo deslocamento vertical descendente de um elemento estrutural de fundação. A diferença entre os recalques absolutos de dois elementos de fundação se denomina recalque diferencial e quanto maiores os recalques absolutos maiores serão os diferenciais. Dessa maneira, o controle dos recalques absolutos pode ser uma medida indireta de controle de recalques diferenciais.

Schneider (2020) o recalque diferencial uniforme é caracterizado principalmente pela diferença de nível, que ocorre quando uma parte da estrutura recalca mais que a outra. Com esse desnível, os esforços estruturais impõem distorções a edificação, causando rachaduras e por fim o colapso.

O recalque diferencial (δ) é dado pela variação dos recalques de dois elementos de fundação Eq (1):

$$\delta = \rho 1 - \rho 2 \qquad (1)$$

2.4 Relação recalque e projetos de fundações

O recalque de fundações deve ser estipulado em projeto, quando não se pondera em cálculos estruturais, os danos causados na estrutura são irreparáveis e, em casos mais críticos, leva-la à ruptura. Na parte arquitetônica causar um desconforto visual, principalmente nas situações onde ocorre o desaprumo da edificação. Quanto à funcionalidade podem surgir várias manifestações, como por exemplo, emperramento de portas.

Segundo Thomaz (1989) não há constância na capacidade de carga e nem na deformabilidade dos solos, são em função de fatores relacionados ao nível do lençol freático, carga e tipo da fundação, tipo e estado do solo, entre outros. Verçoza (1991), comenta que os projetos mal elaborados e a falta de investigações do solo são responsáveis pela ocorrência de recalques em fundações.

Existem três tipos principais de métodos para a determinação do recalque de uma determinada edificação, como: os racionais os parâmetros de deformabilidade, que são obtidos em ensaios in situ ou em laboratório, correlacionados com métodos matemáticos teoricamente exatos, semi-empíricos são definidos pela relação dos métodos teoricamente exatos com os ensaios *in situ* de penetração como, por exemplo, a sondagem SPT e os métodos empíricos o parâmetro de recalque é obtido com o uso de tabelas com valores típicos de tensões admissíveis e tipos de solo relacionados aos recalques usualmente aceitos em estruturas convencionais.

2.5 Patologia

Segundo Helene (1992) entende-se o termo patologia na construção civil como o estudo dos defeitos ou danos oriundos de um desempenho inadequado de elemento de infraestrutura, de um conjunto de materiais ou de toda uma edificação. Normalmente, os defeitos das edificações têm seu princípio devido a ignorância, descuido ou cobiça do homem (McKaig, 1962).

Segundo a NBR 13752/96 as patologias em obras são "anomalias que podem causar danos efetivos ou representar ameaça potencial de afetar a saúde ou segurança do dono ou consumidor, decorrentes de falhas do projeto ou execução de um produto ou serviço, ou ainda de informação incorreta ou inadequada de sua utilização ou manutenção. "

Tem-se conhecimento que estes são os fatores que se juntam a outros como negligencia com os materiais escolhidos e a busca do custo mais baixo. As anomalias geradas devido a esses erros têm como consequência problemas patológicos (Souza e Ripper,1998).

2.5.1 Vida útil e durabilidade

Segundo Thomaz (1998) por vida útil de um material entende-se o período durante o qual as suas propriedades permanecem acima dos limites mínimos especificados, o conhecimento da vida útil e da curva de deterioração de cada material ou estrutura são fatores de fundamental importância para a confecção de orçamentos reais para a obra, assim como de programas de manutenção adequados e realistas. De acordo com Thomaz (1998) já por desempenho entende-se o comportamento em serviço de cada produto, ao longo da vida útil, e a sua medida relativa espelhará, sempre, o resultado do trabalho desenvolvido nas etapas de projeto, construção e manutenção, respectivamente.

Acontece que, no entanto, as estruturas e seus materiais deterioram-se mesmo quando existe um programa de manutenção bem definido, sendo esta deterioração, no

limite, irreversível. O ponto em que cada estrutura, em função da deterioração, atinge níveis de desempenho insatisfatórios varia de acordo com o tipo de estrutura.

Algumas delas, por falhas de projeto ou de execução, já iniciam as suas vidas de forma insatisfatória, enquanto outras chegam ao final de suas vidas úteis projetadas ainda mostrando um bom desempenho. Por outro lado, o fato de uma estrutura em determinado momento apresentar-se com desempenho insatisfatório não significa que ela esteja necessariamente condenada. A avaliação desta situação é, talvez, o objetivo maior da Patologia das Estruturas, posto que esta é a ocasião que requer imediata intervenção técnica, de forma que ainda seja possível reabilitar a estrutura (Thomaz, 1998).

De acordo com Custódio (1998) as estruturas em geral esperam-se uma completa adequação às finalidades a que se destinam, e sempre levar em consideração o binômio segurança-economia. Denota-se que as estruturas devem ser assumidas como produtos complexos que apresentam uma grande variedade de características, das quais dependera a sua maior ou menor adequação aos propósitos do projeto.

O surgimento de manifestações patológicas da estrutura indica de maneira geral, a existência de falhas durante o processo de execução em uma das etapas, além de atestar para anomalias no sistema de controle de qualidade.

2.6 Fissuras causadas por recalque

Thomaz (1989) destaca que fissuras são manifestações patológicas que podem surgir nas construções em geral e o seu aparecimento e identificado como um aviso de algum sinistro na estrutura.

Para prevenir a fissuração devido a recalques diferenciados, antes de iniciar o projeto de fundação é necessário que se conheçam as propriedades do solo, que é obtida através de ensaios de sondagem. A partir do resultado desse ensaio é que vai ser possível determinar o tipo de fundação de acordo com exigências de dimensionamento.

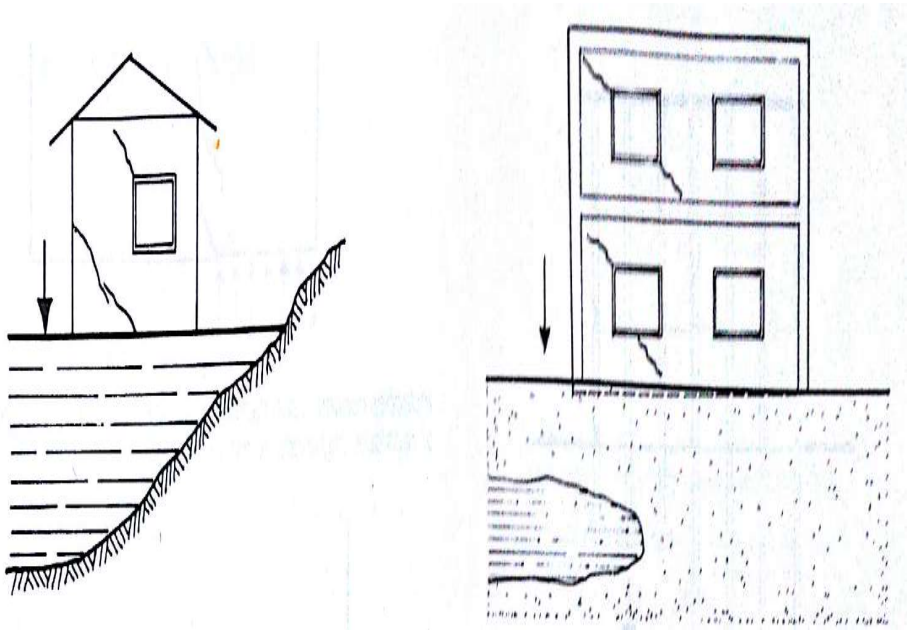
Recalque de fundação é o deslocamento vertical da base em relação a um ponto fixo. Ocorre principalmente por variação de forma, de volume ou pelo maciço de solo abaixo da fundação. O recalque, bem como o desaprumo de edifícios pode ocorrer em qualquer edificação e suas deformações, na maioria das vezes é imperceptível a olho nú.

De modo geral, fissuras provocadas por recalques são inclinadas e por vezes são confundidas com fissuras por deflexão de componentes estruturais. As anomalias

provindas de recalque geralmente apresentam aberturas maiores, outra característica marcante é a ocorrência de esmagamentos localizados em forma de escamas, que deixam indícios das tensões de cisalhamento que as provocaram (Thomaz, 1989).

Abaixo, (Figuras 1 "a" e "b") que apresentam o Recalque Diferencial.

Figura 1 - (a) Recalque por consolidação distinta de aterro carregado, (b) Recalque devido homogeneidade do solo.



(a) (b)

Fonte: Livro trincas em edifícios, Ercio Thomaz, 1989.

2.7 Proposta de manutenção

De acordo com Mirshawaka et al.(1993) classifica manutenção como:"(...) Conjunto de atividades e recursos aplicados aos sistemas ou equipamentos, visando garantir a consecução de sua função dentro dos parâmetros de disponibilidade, de qualidade, de prazos, de custos e de vida útil adequado".

Segundo Dardengo (2010), a propostas de manutenção preventivas abrangem, vistorias com o objetivo de analisar e reduzir custos elevados em reformas, afim de preservar a segurança, confiabilidade e o desempenho dos sistemas construtivos. Ao se implantar um plano de manutenção, realiza-se uma investigação dos aspectos de cada construção, de forma a delimitar as diretrizes da manutenção quanto ao tipo e função do edifício, Dardengo (2010).

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da pesquisa

O referido estudo de caso possui o propósito de realizar pesquisa e coleta de dados nos elementos de piso e vedação de uma edificação, com a finalidade de estabelecer o comportamento da estrutura pela influência das manifestações patológicas presentes.

Classifica-se o trabalho como pesquisa bibliográfica e qualitativa, visto que as investigações ocorreram *in loco* e serão confrontadas com literaturas especificas para a compreensão dos aspectos técnicos e/ou teóricos dos processos de análise das patologias, posteriormente deve-se apresentar um programa com soluções possíveis para sanar os vícios ou defeitos.

3.2 Local de estudo

A edificação do presente estudo estar localizada na cidade de Santarém - PA, Avenida Curuá Una S/n°, cujas coordenadas geográficas são 2°27'34"S e 54°41'53"W (figura 2). É um imóvel térreo que possui na área interna um depósito, nave e uma sacristia. É constituída de paredes em alvenaria cerâmica, elementos vazados combogó e a estrutura do telhado é composta por tesouras de madeira, atualmente é a igreja de Frei Rainério, conforme figura 2.

Figura 2 - Localização da edificação.

Fonte: Google Maps, 2021.

A área externa da edificação é constituída de duas entradas, uma entrada que dá acesso pela sacristia e uma principal ao interior da Igreja. Dispõe de um salão Paroquial, duas áreas destinadas à depósito, duas para banheiro e estacionamento.

Figura 3 - Localização da edificação

Fonte: Autoria própria, 2019.

3.3 Planejamento da pesquisa

As manifestações patológicas são comuns nas construções e, quando estas anomalias afetam o conforto e a segurança surge a necessidade de realizar estudos de caso rigoroso com o objetivo definir as causas e consequências dessas falhas e buscar soluções de correção.

A pesquisa será realizada em etapas:

a) Visita ao local de estudo para identificar as anomalias;
b) Inspeção visual e relatório fotográfico;
c) Pesquisa bibliográfica;
d) Ensaios in loco

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A ênfase do seguinte tópico ocorreu na coleta de informações que auxiliaram a compreender o processo construtivo da Igreja Frei Rainério, assim como a análise visual das manifestações patológicas dessa edificação com a finalidade de se obter embasamento teórico para a elaboração do plano de manutenção.

4.1 Diagnóstico das manifestações patológicas

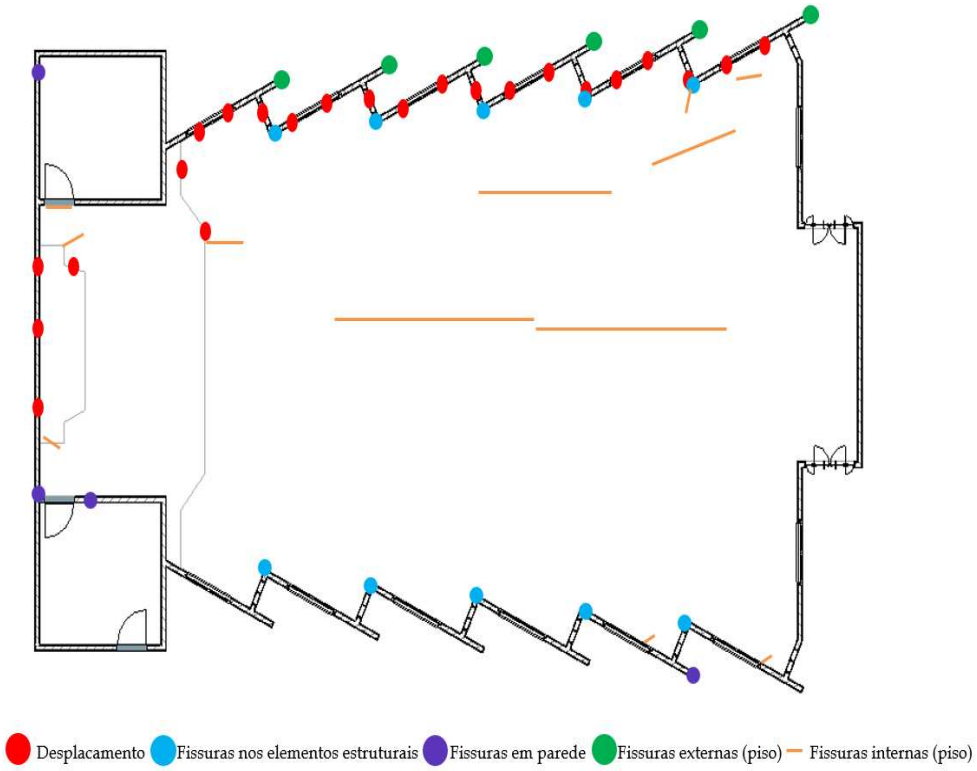
Na edificação foram localizadas uma grande diversidade de fissuras com formas e tamanhos diferentes, com a presença mais marcante no piso além dos elementos de vedação. Devido a construção apresentar algumas zonas críticas, ou seja, mais pato-

logias em determinadas regiões, é de extrema relevância considerar que o recalque possui pontos mais acentuados. Para concluir que a principal causa a considerar é o recalque das fundações, observou-se inicialmente as seguintes justificativas:

- A igreja foi construída em um terreno que se encontra em uma área de solo saturado, com lençol freático elevado.
- A fundação é composta de sapatas. Segundo oitivas coletadas de praticantes da comunidade, a infraestrutura foi executada sobre o aterro e além disso por se tratar de uma igreja, houveram muitas doações para o aterramento e em meio a isso materiais inadequados para tal finalidade.
- A edificação possui diversas falhas construtivas, o que leva a entender que não houve um responsável técnico na execução.

Inicialmente, após as analises das manifestações patologicas existentes no imovel, foi realizado acompanhamento dos niveis da edificação e o mapeamento de desplacamento do piso e fissuras a fim de considerar recalque ativo. A figura 4 explana a localização de cada anomalia encontrada, indicadas com cores em seus respectivos lugares, observar legenda.

Figura 4 - Localização das anomalias na edificação



Fonte: Autoria própria, 2021.

Para a observância da movimentação dos níveis na igreja foram feitas 3 leituras em datas diferentes. Os materiais utilizados foram uma trena e mangueira de nível de 10 metros. Após a organização dos dados, foram identificadas distinções entre cada medição, o que indica que o recalque está ativo, observar tabela 1.

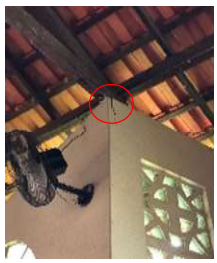
Tabela 1 - Acompanhamento dos níveis

Variação dos níveis da edificação			
Pontos	**Data 1: 28/10/20**	**Data 2: 28/12/20**	**Data 3: 06/03/21**
A	0.98m	1.00m	0.97m
B	0.98m	1.00m	0.98m
C	0.93m	1.03m	0.99m
D	1.03m	1.02m	1.03m
E	1.12m	1.13m	1.11m
F	1.12m	1.14m	1.12m

Fonte: Autoria própria, 2021.

A fim de melhorar o entendimento, o quadro 1 discerne individualmente todas as manifestações patológicas indicadas na figura 4 indicada anteriormente.

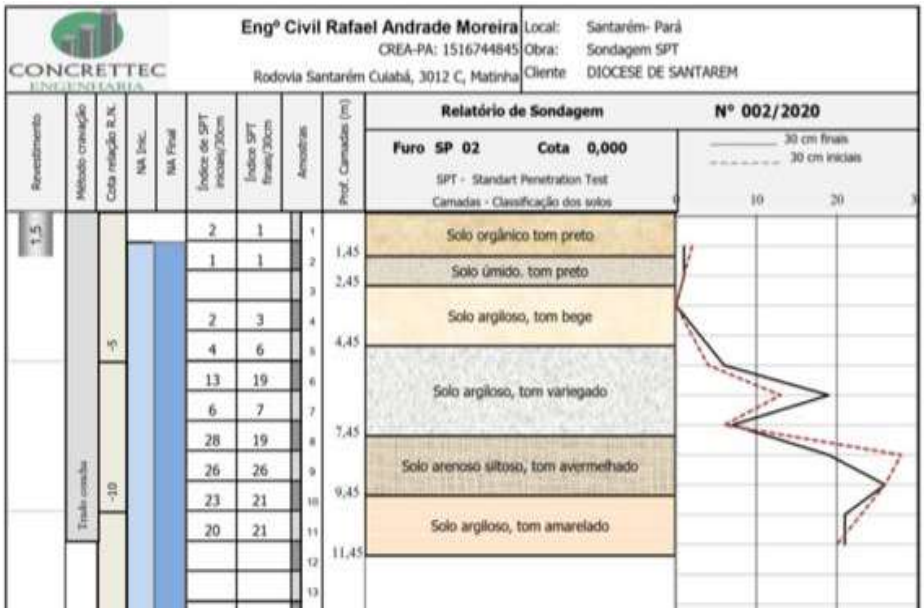
Quadro 1 - Manifestações Patológicas identificadas na igreja

Desplacamento	
Fissuras em parede	
Fissuras externas em piso	
Fissuras nos elementos estruturais	

Fissuras internas em piso	

Fonte: Autoria própria, 2021.

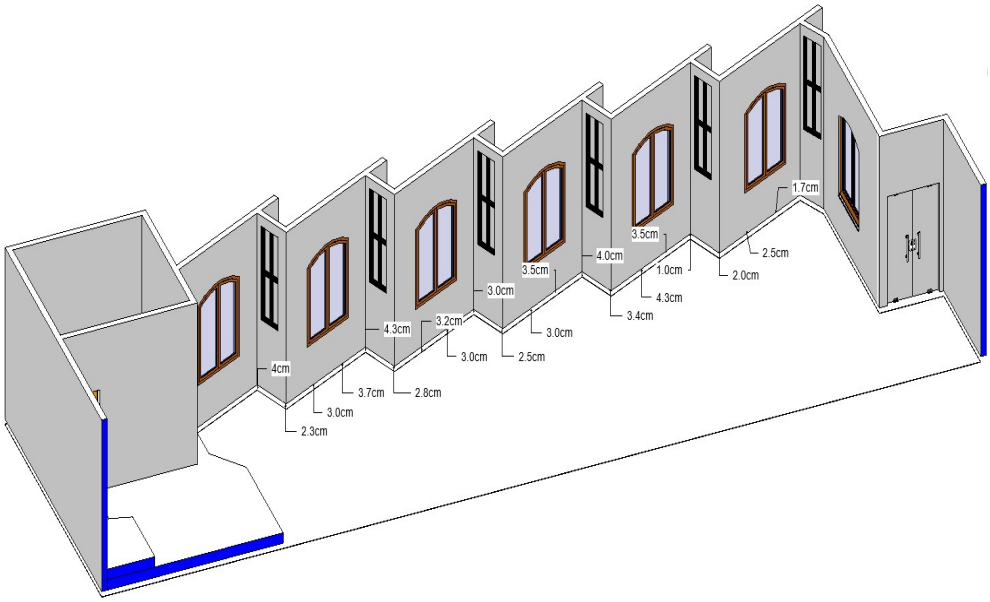
Figura 5 - Laudo de Sondagem



Fonte: Concrettec Engenharia, 2020.

O laudo de Sondagem realizado no terreno da edificação demonstrou em seu resultado as caracteristicas do solo no local. A 1,00m (metro) foi executado o elemento estrutural de fundação e conforme observado na figura 5, a 1,45m (metro) de profundidade o solo é composto por matéria orgânica. Portanto, não apresenta nenhuma caracteristica de resistência para a estrutura.

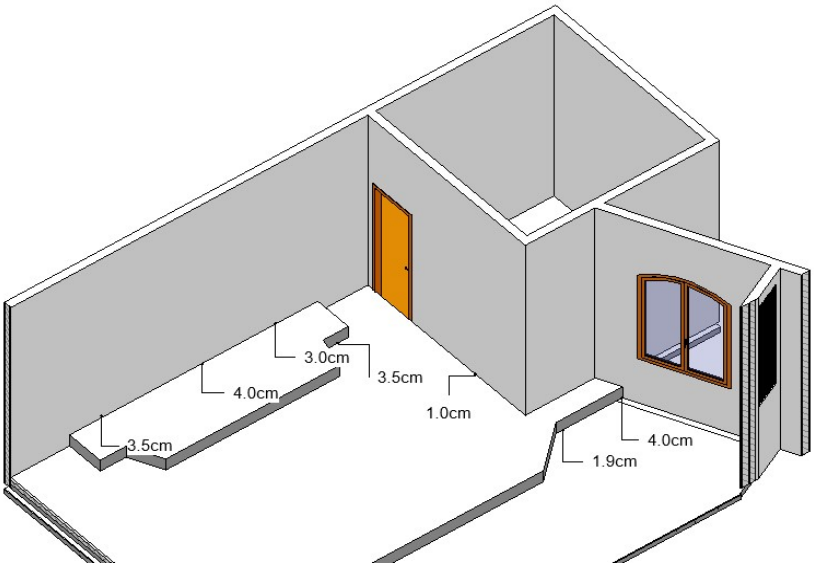
Figura 6 – Perspectiva 1, primeira análise do desplacamento do piso



Fonte: Autoria própria, 2021.

A figura 6 identifica os pontos de desplacamento do piso no lado leste da edificação, a unidade de medida está expressa em centímetros.

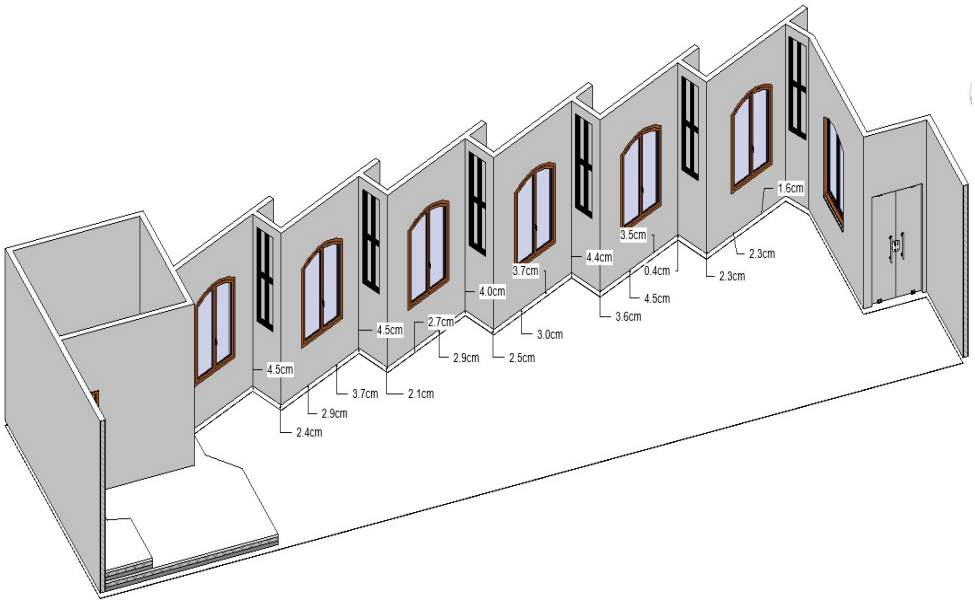
Figura 7 - Perspectiva 2, primeira análise do desplacamento do piso



Fonte: Autoria própria, 2021.

Nas figuras 8 e 9 a seguir comprovam-se que os dados da segunda medição realizada na edificação tiveram diferença em relação a primeira analise, citada anteriormente nas figuras 6 e 7.

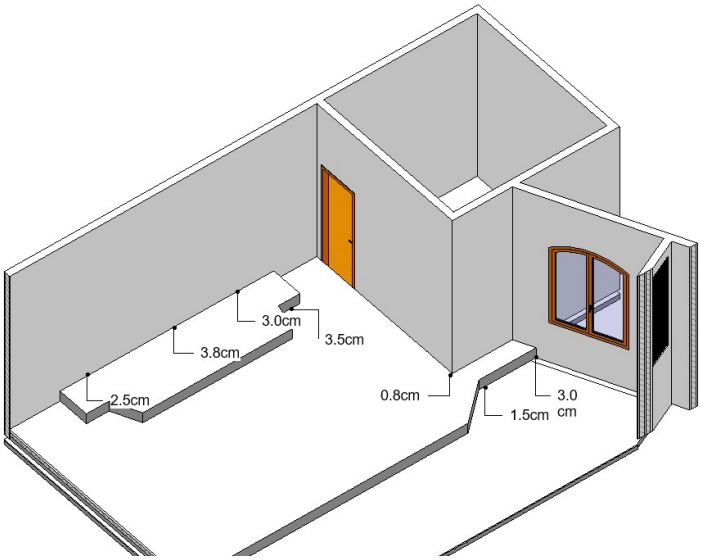
Figura 8 - Perspectiva 1, segunda análise do desplacamento do piso



Fonte: Autoria própria, 2021.

A figura 9 identifica o desplacamento na zona sul da edificação em que atualmente está localizado o altar da igreja. Em uma breve comparação com a primeira analise mencionada na figura 7, é perceptivel que houve deslocamento na infraestrutura do piso.

Figura 9 - Perspectiva 2, segunda análise do desplacamento do piso



Fonte: Autoria própria, 2021.

Através do exposto em figuras, quadro e tabela, é evidente a quantidade de danos que a edificação sofreu. Contudo, ressalta-se ainda o incomodo visual causado as pessoas que frequentam o local. Após todas as analises e mapeamentos, foi possivel perceber que o lado leste da igreja apresentou o maior numero de manifestações patológicas, principalmente no piso. A infraestrutura do imóvel se encontra apoiada em

um solo saturado de camada orgânica, tornando ainda mais irrefutável a instabilidade das fundações.

Com o objetivo de sanar manifestações patológicas recorrentes que foram observadas durante as visitas técnicas e assim prolongar a vida útil da edificação, serão listadas a seguir propostas de manutenções corretivas.

- Investigação geotécnica do lote;
- Avaliação da estabilidade das fundações e se necessário realizar reforços para combater recalque diferencial;
- Melhoramento do solo;
- Execução e substituição parcial ou total do piso.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após analisado os sistemas construtivos da edificação, por meio de análise visual e registro fotográfico, com base nos questionamentos realizados com os praticantes da comunidade, constata-se que a Igreja de Frei Rainério se encontra em estado de atenção quanto as patologias apresentadas, por conta das falhas construtivas e da falta de manutenção preventiva.

Desde o reconhecimento do solo, compactação e a infraestrutura de uma edificação é imprescindível o rigor e qualidade na execução. A infraestrutura, quando mal dimensionada e executada se torna a principal causa do recalque de fundações.

É pertinente para a continuação da pesquisa que se faça um estudo aprofundado sobre o recalque da fundação, haja vista que a construção está edificada sobre solo de camada orgânica. Além disso, analisar a viabilidade de remodelar a infraestrutura afetada com o objetivo de manter o desempenho e a vida útil do local.

REFERÊNCIAS

ALMEIRA, R. **Patologia na Construção Civil**. Revista On-line IPOG Especialize, Goiania, e. 13, p. 1-2, jun. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: **Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro,2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13752**: **Perícias de engenharia na construção civil**. Rio de Janeiro, 1996.

COLARES, George Moura . **Programa para análise da interação solo-estrutura no projeto de edifícios**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2006.

CONCRETTEC ENGENHARIA. **Laudo de sondagem.** Santarém, 2020.

DARDENGO, Cássia Figueiredo Rossi. **Identificação de patologias e proposição de diretrizes de manutenção preventiva em edifícios residenciais 95 multifamiliares da cidade de Viçosa – MG**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. 2010.

DAS, B. M**. Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. 7. ed. São Paulo: Thomson Learming, 2011.

DNER. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. **Coleta de amostras deformadas de solos**, p. 4, 1994. Disponivel em: http://ipr.dnit.gov.br/normas/DNER--PRO003-94.pdf . Acesso em: 5 Março 2014.

HELENE, Paulo Roberto Lago. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estrutura de Concreto.** São Paulo: Pini, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO. **Norma de Inspeção Predial**, São Paulo, 2011

JENNY, H., 1941, **Factors of soil formation; A system of quantitative pedology**. McGrawHill Book Company, Inc. First edition. New York and London.

LICHTENSTEIN, Norberto B. **Boletim técnico 06/86: Patologia das Construções**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1985.

MILITITSKY, J.; CONSOLI, N. C.; SCHINAID, F**. Patologias das Fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

MIRSHAWKA, V.; OLMEDO, N. L**. Manutenção - Combate aos Custos da NãoEficácia: A Vez do Brasil.** São Paulo: Makron Books do Brasil Editora Ltda., 1993.

MURTHY, V. N. S. **Geotechnical Engineering: Principles and Practices of Soil Mechanics and Foundation Engineering**. New York: Marcel Dekker, 2003.

MCKAIG, Thomas H. **Building Failures – case studies in construction and design**. New York : McGraw-Hill Book Company, 1962.

PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

REBELLO, Y. C. P. **Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento**. 4. ed. São Paulo: Zigurate, 2008.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 1998.

SHNEIDER, Nelson. **Recalque em fundações: definição, tipos de recalque e relação com engenharia de fundações**, 2020. Disponível em:https://nelsoschneider.com.br/recalque-em-fundacoes. Acesso em: 12 de nov. de 2020.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em Edifícios: Causas, prevenção e recuperação**. São Paulo: Pini, 1989.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das edificações**. Porto Alegre: Sagra, 1991.

CAPÍTULO 19

ANÁLISE COMPARATIVA DA INCORPORAÇÃO DO PLÁSTICO NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS UTILIZADOS NA PAVIMENTAÇÃO

COMPARATIVE ANALYSIS OF PLASTIC INCORPORATION IN THE MANUFACTURE OF BLOCKS USED IN PAVING

Adriana Scherer[1]
Cláudio Dornelis de Freitas Cardoso[2]
Paulo da Silva Sousa Júnior[3]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.19

1 Centro Universitário da Amazonia. https: //orcid.org/0000-0003-2159-3231. adriana.scherer99@gmail.com
2 Centro Universitário da Amazonia. https: //orcid.org/ 0000-0003-2159-3231. claudiodornelis.engcivil@hotmail.com
3 Centro Universitário da Amazonia. https: //orcid.org/ 0000-0001-6871-768X. paulo12.pp@gmail.com

RESUMO

Focado na sustentabilidade, o presente trabalho visa a análise da inserção do plástico reciclado em processos presentes na engenharia civil, especialmente na fabricação de blocos de pavimentação, utiliza-se o método de moldagem e ensaio embasado na norma ABNT NBR 9781, 2013. Foram confeccionados três tipos de blocos de pavimentação, tradicional sem adição de plástico para controle de qualidade, o com adição de plástico granulado na mistura do concreto com intuito de substituir parcialmente a areia e o bloco confeccionado através da mistura de plástico e areia sem adição de cimento, por meio de um processo de fusão do material, este realizado com embasamento em outros artigos científicos, sem uma norma brasileira específica. Os blocos foram submetidos a testes de compressão e absorção de água com base em ensaios previstos na norma e comparados para a análise da redução no uso dos agregados e do uso do cimento. Os resultados apontam um caminho promissor da inserção do plástico, com intuito de retirar o mesmo da natureza, bem como, diminuir o consumo dos agregados e cimento, pois estes materiais geram poluição e demanda de muita energia para serem obtidos, em especial o cimento. Os blocos com adição de cimento e de plástico e areia sem adição de cimento, podem ser utilizados em vias com menor solicitação mecânica, como calçadas e ainda servem como incentivo a reciclagem do plástico em maior proporção.

Palavras-chave: Reciclagem. Blocos de Pavimentação. Plástico.

ABSTRACT

Focused on sustainability, the present work aims to analyze the insertion of recycled plastic in processes present in civil engineering, especially in the manufacture of paving blocks, using the method of molding and testing based on the ABNT NBR 9781, 2013 standard. three types of paving blocks, traditional without the addition of plastic for quality control, the one with the addition of granulated plastic in the concrete mix in order to partially replace the sand and the block made by mixing plastic and sand without adding cement, through a process of fusing the material, this carried out based on other scientific articles, without a specific Brazilian norm. The blocks were subjected to compression and water absorption tests based on tests provided for in the aforementioned standard and compared for the analysis of the reduction in the use of aggregates and the use of cement. The results point to a promising path for the insertion of plastic, with the intention of removing it from nature, as well as reducing the consumption of aggregates and cement, as these materials generate pollution and demand a lot of energy to be obtained, especially cement. The blocks with the addition of cement and plastic and sand without the addition of cement, can be used on roads

with less mechanical stress, such as sidewalks and still serve as an incentive to recycle plastic in a greater proportion.

Keywords: Recycling. Pavement blocks. Plastic.

1 INTRODUÇÃO

Blocos são elementos fundamentais na construção civil e podem ou não possuir função estrutural, fabricados das mais diversas formas, materiais e finalidades, sendo de uso mais comum o de cimento. Porém, existem materiais alternativos que visam à sustentabilidade e economia, como o plástico, elemento responsável por 11,35 milhões de toneladas de lixo no Brasil, segundo Word Wide Foud for Nature (2019).

O plástico pode assumir o papel de agregado nos blocos de pavimentação convencional de concreto como um substituto parcial, bem como, aglomerante na fabricação de blocos de plástico e areia. Estes blocos apresentam resistência similar aos blocos tradicionais e pode ser confeccionado com métodos simples, através da reciclagem de plásticos descartados indevidamente na natureza e areia comum de construção.

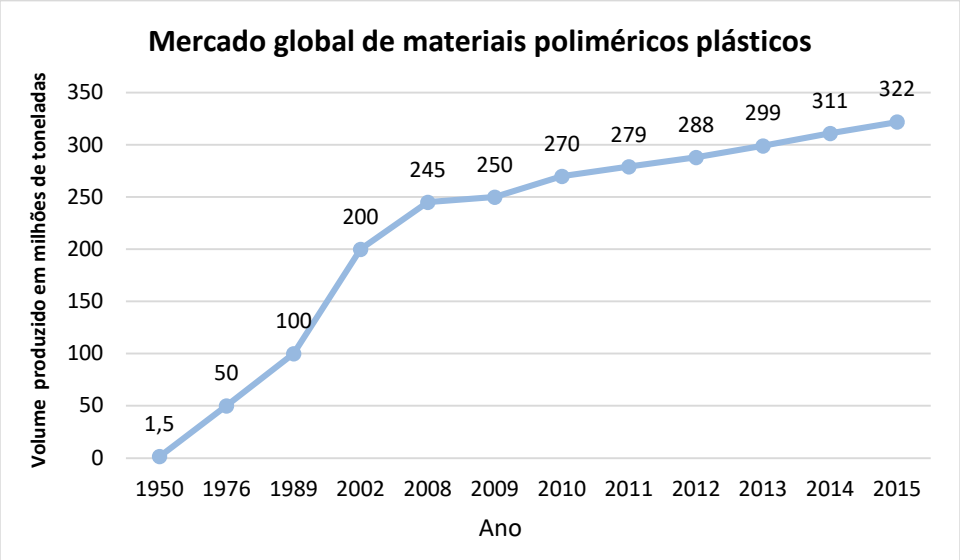
Os blocos para pavimentação de areia e plástico, além de dispor de material abundante e baixo custo, não necessitam do uso de cimento que libera de gás carbônico durante o processo de fabricação, um dos principais gases associado ao efeito estufa, considerado prejudicial ao meio ambiente. O plástico utilizado na fabricação dos blocos pode ser retirado do ecossistema, o que contribui para redução do problema socioambiental relacionado ao lixo e estimula o desenvolvimento de projetos de conscientização e reutilização do mesmo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sustentabilidade

De acordo com Pessôa (2018), admite-se que até 2025, o lixo plástico gerado mundialmente deverá atingir aproximadamente 2,2 bilhões de toneladas por ano, comparado com o ano de 2010 (1,3 bilhões), será quase o dobro. O aumento da população global contribui diretamente para o atual cenário.

Gráfico 1 - Evolução da produção mundial dos polímeros desde 1950 até 2015.



Fonte: Pessôa, Vitor (2018).

O gráfico apresenta o aumento de 200 vezes a evolução no uso de materiais poliméricos plásticos (1950 até 2015), para o mesmo período a população mundial aumentou cerca de três vezes (2,5 bilhões para 7,3 bilhões), o que ocasiona uma grande necessidade de reciclagem desses materiais.

Existem diversos processos para reciclagem dos polímeros plásticos, entre eles: Reciclagem Mecânica, Reciclagem Química e Reciclagem Energética.

Na reciclagem mecânica somente polímeros termoplásticos podem ser reciclados, é o reprocessamento de materiais plásticos por meio do corte e trituramento. O plástico é separado dos contaminantes. Seu tamanho é reduzido depois da separação, limpeza e secagem, para então ser diretamente processado em um produto final.

A reciclagem química basicamente transforma polímeros plásticos em moléculas menores, gases e líquidos. O resultado pode ser usado como combustível ou gerar novamente o polímero original.

Já a reciclagem energética é o processo de aproveitamento energético de descartes, tecnologia capaz de transformar plástico em energia térmica ou elétrica, através da incineração. Este método é prejudicial à saúde, pois há a liberação de substancias nociva, como o dióxido de carbono e enxofre.

A reutilização ocorre por meio do uso de plástico para confecção de utensílios domésticos, mobílias e casas. Existem diversas formas de amenizar o problema do excesso de plástico, o Brasil em comparação com outros países possui pouco desenvolvimento neste aspecto, projetos e incentivos devem ser feitos para um melhor reaproveitamento deste.

2.2 Materiais

2.2.1 Cimento

A norma NBR 9781/2013 não define qual tipo de cimento utilizar para a confecção de blocos de pavimentação, porém, para atender as solicitações de resistência da norma utiliza-se comumente o CPII-Z-40.

De acordo com a NBR 16697/2018, cimentos Portland são caracterizados pelo seu tipo, que correspondem a adições e propriedades especiais. São identificados por suas siglas, seguidas de sua classe de resistência (25, 32, 40 ou ARI), acrescidas dos sufixos RS e BC, quando aplicáveis, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Designação normatizada, sigla e classe do cimento Portland.

<table>
<tr><th>Designação normatizada</th><th>Subtipo</th><th>Sigla</th><th>Classe de resistência</th><th>Sufixo</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Cimento Portland</td><td>Sem adição</td><td>CP I</td><td rowspan="7">25,32 ou 40[c]</td><td rowspan="8">RS[a] ou BC[b]</td></tr>
<tr><td>Com adição</td><td>CP I -S</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Cimento Portland Composto</td><td>Com escória granulada de alto forno</td><td>CP II-E</td></tr>
<tr><td>Com material carbonático</td><td>CP II-F</td></tr>
<tr><td>Com material pozolânico</td><td>CP II-Z</td></tr>
<tr><td colspan="2">Cimento Portland de alto-forno</td><td>CP III</td></tr>
<tr><td colspan="2">Cimento Portland de alto-forno</td><td>CP IV</td></tr>
<tr><td colspan="2">Cimento Portland de alta resistência inicial</td><td>CP V</td><td>ARI[d]</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Cimento Portland branco</td><td>Estrutural</td><td>CPB</td><td>25,32 ou 40[c]</td></tr>
<tr><td>Não estrutural</td><td>CPB</td><td>-</td><td>-</td></tr>
</table>

*RS: resistente a sulfatos. BC: baixo calor de hidratação. As classes 25, 32 e 40 representam os valores mínimos de resistência à compressão aos 28 dias de idade (MPa). CP V, que apresenta a 1 dia de idade resistência igual ou maior que 14 MPa, quando ensaiado de acordo com a ABNT NBR 7215.

Fonte: NBR 16697:2018.

2.2.2 Areia

Na construção civil a areia é considerada um agregado, a qual, na maioria das vezes, é utilizada como componente para a fabricação de concreto e argamassas. Por ser inerte, não reage quimicamente com o cimento e a água, isso ajuda evitar a perda de umidade e o aparecimento de trincas. De acordo com a NBR 7211/2009, areia são os

grãos que passam pela peneira ABNT 4,8 mm e ficam retidos na peneira ABNT 0,075 mm.

A areia lavada é a mais utilizada em obras, esta é extraída dos rios através de dragas de sucção, separando o material solido da água por meio da decantação para que haja a eliminação de rochas e vegetação.

Além das areias citadas, é possível encontrar ainda no mercado a areia reciclada com custo mais baixo e impactos ambientais mínimos, esta é proveniente de entulhos, materiais de demolição entre outros resíduos.

2.2.3 Brita

Por definição, a brita, também chamada de agregado graúdo é o pedregulho natural, ou é proveniente de rochas estáveis, ou a combinação de ambos, constitui-se de grãos que passam pela peneira ABNT de abertura de 152 mm e ficam retidos na de 4,8 mm.

Estas são classificadas de acordo com sua granulometria segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e Ministério de Minas e Energia (MME), dividem-se em brita 0, brita 1, brita 2, brita 3 e brita 4, classificadas conforme o quadro 2.

Quadro 2 - Granulometria britas

	Peneira mínima	**Peneira máxima**	**Exemplos de aplicação**
Brita 0 ou pedrisco	4,8 mm	9,5 mm	Utilizada em fabricações de fabricação de vigas e vigotas, lajes pré-moldadas, tubos e acabamentos.
Brita 1	9,5 mm	19 mm	A mais utilizada na construção civil, apropriada para lajes, pisos, tubulões, vigas, pilar entre outros.
Brita 2	19 mm	25 mm	Indicada para concretos que exigem mais resistência, utilizado em estacionamentos, concretos mais grossos e drenos.
Brita 3	25 mm	50 mm	Utilizadas em aterramentos e nivelamentos de áreas ferroviárias, drenos e reforço de pistas.
Brita 4	50 mm	76 mm	Utilizada em fossas sépticas, sumidouros, reforços de subleito para pistas com tráfego pesado, lastros de ferrovia.

Fonte: Ministério de Minas e Energia (MME).

Granito, basalto, gnaisse e calcário são os tipos mais comuns de brita. Após a detonação da rocha, a mesma passa pela britagem, a operação que fragmenta os blocos obtidos na lavra e, em seguida, por peneiramento.

A brita é um material de uso amplo e diversificado na indústria da construção deve ser escolhida de acordo com a finalidade de cada projeto, podendo ser realizados ensaios para a caracterização de suas propriedades.

2.2.3 Concreto

A NBR 6118:2014 (item 3.1.2) define o concreto simples como elementos estruturais elaborados de concreto que não possuem qualquer tipo de armadura, ou que possuem em quantidade inferior ao mínimo exigido para o concreto armado.

O fator água cimento é muito importante para a resistência e a trabalhabilidade do concreto, onde por um lado, quanto mais água maior é a facilidade de trabalho, mas também menor a resistência do concreto. É possível identificar a partir da tabela 7.1 da NBR 6118:2014, na qual CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado e CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Quadro 3 - Correspondência entre classes de agressividade e a qualidade do concreto

Concreto[a]	**Tipo**[b,c]	**Classe de agressividade**			
		I	**II**	**III**	**IV**
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

Fonte: NBR 6118:2014.

Segundo a NBR 6118:2014, quando não for indicada a idade, as resistências referem-se à idade de 28 dias.

2.2.3 Plástico

Os plásticos possuem características específicas, como: leveza, resistência, ataque à corrosão e principalmente a resistência à decomposição por microrganismos. De acordo com Mattar e Viana (2012) o plástico pode ser divido na categoria dos termoplásticos e dos termofixos.

A NBR 13.230:2008 separa o plástico, seguindo os critérios internacionais, em seis tipos: PET, PEAD, PVC, PEBD, PP e OS.

Quadro 4 - Identificação dos polímeros e suas propriedades

Polímero	Propriedade	Símbolo
Polietileno Tereftalato	Transparente, resistente, impermeável a ácidos e gases da atmosfera.	1 PET
Polietileno de alta densidade	Similar ao PEBD, mais opaco, denso e rígido.	2 PEAD
Poli (cloreto de vinila)	Rígido, termoplástico, impermeável a óleos e substâncias orgânicas transparente.	3 PVC
Polietileno de baixa densidade	Opaco, branco, mole, flexível, impermeável a vapor-d ´água, inerte a ácidos e bases.	4 PEBD
Polipropileno	Opaco, alta rigidez, impermeável a líquidos e gases, superfície suave apta a polimento.	5 PP
Poliestireno	Rígido, brilhante, fabricação simples, solúvel em diversas substancias orgânicas.	6 PS

Fonte: Raquel Oshio, 2020.

Os termoplásticos são materiais que mesmo ao serem derretidos e resfriados mantém grande parte das suas propriedades físicas, com os solventes específicos são capazes de serem solubilizados. Em contrapartida, os termofixos uma vez derretidos não conseguem se recuperar, ou seja, não podem ser moldados o que dificulta sua reciclagem.

2.3 Bloco de Pavimentação de Concreto

O tipo de estrutura em questão caracteriza-se por blocos de concretos assentados entre si na pavimentação, distribuindo os carregamentos e as tensões entre as peças, chamado de pavimento intertravado.

A NBR 9781/2013 define pavimento intertravado como:

> Pavimento flexível cuja estrutura é composta por uma camada de base (ou base e sub-base), seguida por camada de revestimento constituída por peças de concreto justaposta sem uma camada de assentamento e cujas juntas entre as peças são preenchidas por material de rejuntamento e o intertravamento do sistema é proporcionado pela contenção. (2013, p. 02)

Dispõe-se de vários tipos de bloco de concreto, estes são fabricados de acordo com as necessidades a que são destinados. Os mais comuns são os blocos fabricados por formas retangulares, os que possuem formatos de "I", e os em formas geométricas (PORTLAND, 2010).

No brasil, os blocos de concreto para pavimento seguem o estabelecido na NBR 9781/2013 que estabelece os parâmetros como resistência e dimensões para os blocos, padronização que garante a compatibilidade das peças independente do fabricante.

As dimensões dos blocos estabelecidos na NBR 9781/2013 indicam peças de comprimento máximo de 250 mm, largura mínima de 97 mm, espessura mínima de 60 mm, especificadas em múltiplos de 20 mm, e o índice de forma (IF) deve ser menor ou igual a 4.

As peças podem vir a possuir chanfro ou não, com base no aspecto construtivo, da capacidade estrutural e do conforto de rolamento. Os blocos de pavimentação que possuem chanfros, devem apresenta-los tanto na horizontal como na vertical, de 3mm a 6mm e podem ou não ser retos ou boleados.

Quanto a resistência dos blocos de pavimentação, seguindo a NBR são classificados de acordo com a tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Resistência característica a compressão

Solicitação	**Resistência característica à compressão (fpk) aos 28 dias (Mpa)**
Tráfego de pedestres, veículos comerciais de linha	fck >= 35
Tráfego de veículos especiais e solicitações capazes de produzir efeitos de abrasão acentuados	fck >= 50

Fonte: ABNT NBR 9781.

3.3 Moldagem dos blocos

3.3.1 Bloco de plástico e areia

O processo de fabricação e moldagem do bloco de plástico e areia consiste na mistura gradual dos dois componentes sob a ação do calor para derreter o plástico e assim obter a massa pronta, que deve ser moldada ainda quente.

Para a fabricação, foi utilizado parte de um tonel cortado ao meio, apoiado sobre tijolos para permitir o ateio de fogo abaixo do mesmo. Após o aquecimento do tonel os

grânulos de plástico foram despejados e misturados com uma haste de madeira até a fusão e a formação de uma massa homogênea.

A areia deve estar livre de umidade e impurezas, para misturar ao plástico e obter uma massa novamente homogênea. Despejar a massa em forma de madeira e deixada secar naturalmente.

3.3.1 Bloco tradicional e com adição de plástico

Os blocos de concreto e com adição de plástico foram moldados pesando-se os materiais e misturando-os com a ajuda de uma betoneira. Os traços foram rodados individualmente, com a betoneira esvaziada e limpa antes que um novo traço fosse rodado, para evitar a mistura dos traços e a consequente perda de precisão das misturas.

Cada traço foi moldado em formas plásticas manuais de blocos de 16 faces, com a utilização de um vibrador para auxiliar no adensamento do concreto nas formas. As formas foram devidamente tratadas com a aplicação de desmoldante para garantir o correto desmolde das peças.

Após a secagem e pega dos blocos, os mesmos foram submersos em água para garantir a hidratação completa do cimento e evitar o surgimento de trincas por retração.

3.4 Ensaios

Os ensaios realizados seguiram o descrito na NBR 9781/2013, que exige apenas o ensaio de compressão e o ensaio de absorção de água como análises obrigatórias pra aceitação comercial dos blocos.

O ensaio de absorção consiste em saturar os blocos com água, aferir o peso de cada bloco após a estabilização da umidade e aferir o peso de cada bloco após secagem em estufa. Os resultados são comparados de forma percentual e não podem ultrapassar os 5% de absorção de água.

O ensaio de resistência a compressão foi realizado com auxílio de uma prensa hidráulica, conforme descrito na norma. Realizou-se média das resistências verificadas após o rompimento de dois blocos de cada traço no sétimo dia de cura, onde espera-se ter entre 70% e 80% de resistência do concreto, utilizou-se 80% para efeito de projeção da resistência esperada aos 28 dias.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O quadro abaixo relaciona os tipos de bloco com suas respectivas resistências no período de 7 dias e projeção da resistência esperada aos 28 dias, aos 7 dias de cura o concreto atinge 80% da sua resistência final.

Quadro 5 - Resultados Ensaio de Compressão.

TIPO	RESISTÊNCIA AOS 7 DIAS	RESISTÊNCIA AOS 28 DIAS
Tradicional - 1	36,25	45,31
Tradicional - 2	37,22	46,52
Sub. 5% - 1	29,78	37,23
Sub. 5% - 2	29,25	36,57
Sub. 10% - 1	28,10	35,51
Sub. 10% - 2	28,11	35,14
Sub. 15% - 1	26,24	32,80
Sub. 15% - 2	25,66	32,07
PA - 1	23,02	23,02
PA - 2	22,82	22,82

* 5%: bloco com adição de plástico de 5%. ** 10% bloco com adição de plástico de 10%. ***15% bloco com adição de plástico de 15%. ****PA: bloco de plástico e areia.

Fonte: Autores

Os traços foram comparados com o traço controle, e pode ser observado uma queda considerável da resistência, pois os grânulos formam ligações mais fracas com a pasta de cimento, o que diminui a resistência do concreto. O bloco de plástico e areia não foi comparado diretamente com os demais pois este não segue o traço controle e, portanto, a sua resistência não pode ser associada com mudanças no traço, e sim com os processos característicos desse tipo de tecnologia.

O ensaio de absorção demonstrou que nenhum dos traços ultrapassou o limite de 5% de umidade máximo determinado pela norma NBR 9781/2013, apontando portando que a adição de plástico não interfere nesse aspecto dos blocos. Os blocos de areia e plástico também ficaram dentro do limite estabelecido, pois a sua composição e seu processo de moldagem dificultam a formação de espaços vazios.

Tabela 3 - Teor de absorção dos blocos-ensaio de resistência a compressão

TIPO	PESO SECO EM KG	PESO UMIDO EM KG	UMIDADE EM %
T1	4,480	4,526	1,03
T2	4,460	4,512	1,17
5%-1	4,492	4,548	1,25
5%-2	4,500	4,554	1,20
10%-1	4,486	4,536	1,11
10%-2	4,488	4,548	1,34
15%-1	4,404	4,454	1,14
15%-2	4,470	4,520	1,12
PA -1	2640,0	2655	0,57
PA - 2	2652,0	2668	0,60

* T1, T2: bloco tradicional de concreto. ** 5%: bloco com adição de plástico de 5%. *** 10% bloco com adição de plástico de 10%. ****15% bloco com adição de plástico de 15%. *****PA: bloco de plástico e areia.
Fonte: Autores

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O comparativo realizado neste trabalho demonstrou a dificuldade da inserção do plástico no concreto sem perdas significativas de resistência, o que acaba por inviabilizar o processo para peças com função estrutural. Já os blocos de plástico e areia, apesar de apresentarem menor resistência, demonstram a eficácia e a simplicidade que este processo possui, assim, esta é a forma mais eficiente de utilizar o lixo plástico na pavimentação.

Os blocos de plástico e areia podem ser usados em calçadas, ruas de condomínio e apresentar um processo que permite criar outros artefatos como ladrilhos de calçada, blocos de vedação e telhas, por serem mais leves e mais duráveis se comparados aos materiais tradicionais. O processo pode ser aprimorado com o uso de maquinário específico, como extrusoras e moldes precisos e a produção em massa tende a diminuir os custos e ampliar as frentes de reciclagem.

Os blocos de concreto não apresentaram vantagens significativas para justificar a inserção do plástico, por serem peças com grandes solicitações de carga e apresentarem consumo igual de cimento, se comparados com os blocos de plástico e areia que consomem mais plástico e dispensam o uso de cimento.

Ainda assim, pesquisas futuras podem analisar a inserção do plástico em outros componentes sem função estrutural, assim como aprimorar o processo de produção de peças de plástico e areia, para incentivar a reciclagem do plástico e a diminuição do uso de cimento.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 7211:2009 NORMA BRASILEIRA: Agregado para concreto.

ABNT NBR 16697:2018 NORMA BRASILEIRA: Cimento Portland — Requisitos

ABNT NBR 9781:2013 NORMA BRASILEIRA: Peças de concreto para pavimentação — Especificações e métodos de ensaio.

ABNT NBR 6118:2014 NORMA BRASILEIRA: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento

BATTAGIN, Arnaldo Forti. Uma breve história do cimento Portland. Disponível em:< http://www.abcp.org.br/cms/basico-sobre-cimento/historia/uma-breve-historia--do-cimentoportland/ >. Acesso em: 15 fev. 2021.

COELHO, Tatiana. Brasil é o 4º maior produtor de lixo plástico do mundo e recicla apenas 1%. **G1**. 04. Mar. 2019. Acesso em: <ttps://g1.globo.com/natureza/noticia/2019/03/04/brasil-e-o-4o-maior-produtor-de-lixo-plastico-do-mundo-e-recicla--apenas-1.ghtml> Acesso em 30 de setembro de 2020.

COSTA, Tracy. Cerca de 150 toneladas de lixo são produzidas em Santarém diariamente. **G1 Santarém**. 09. Jun. 2019. Acesso em: <https://g1.globo.com/pa/santarem--regiao/noticia/2019/06/09/cerca-de-150-toneladas-de-lixo-sao-produzidas-em-santarem-diariamente.ghtml> Acesso em 05 de outubro de 2020.

MATTAR, Danilo, VIANA, Ednilson - UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS POLIMÉRICOS DA INDÚSTRIA DE RECICLAGEM DE PLÁSTICO EM BLOCOS DE CONCRETO. Set. 2012.

GEYER, R. et al. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**. 19. jul. 2017. Acesso em: < https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782 > Acesso em 29 de setembro de 2020.

GUIA BASICO DE UTILIZAÇÃO DO CIMENTO PORTLAND - ASSOCIAÇÃO BASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (2002). Acesso em: <https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2012/11/28-Guia-basico-de-utilizacao-do-cimento-portland.pdf> Acesso em 10 de novembro de 2020.

MANO, Eloisa, MENDES, Cláudio – INTRODUÇÃO A POLÍMEROS – 2 ª ed. (1999).

MATTAR, Danilo; VIANA Ednilson. UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS POLIMÉRICOS DA INDÚSTRIA DE RECICLAGEM DE PLÁSTICO EM BLOCOS DE CONCRETO. Set. 2012.

PAVIMENTOS EM BLOCOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADOS INTERTRAVADOS Acesso em: <https://monografias.brasilescola.uol.com.br/engenharia/pavimentos--blocos-concreto-pre-moldados-intertravados.htm> Acesso em 07 de fevereiro de 2021.

PESSÔA, Vitor; RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS POLIMÉRICOS PLÁSTICOS. Fev. 2018.

OSHIO, Raquel; 2020 POLÍMEROS: CONCEITO, CLASSIFICAÇÃO, PROPRIEDADES E REAÇÕES QUÍMICAS. Acesso em: < https://blog.estrategiavestibulares.com.br/quimica/polimeros/> Acesso em 18 de maio de 2021.

VASCONCELOS, Yuri. Planeta Plástico. **Revista Pesquisa FAPESP**. Edição 281, jul 2019. Acesso em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/planeta-plastico/> Acesso em 29 de setembro de 2020.

WWF, 2019. BRASIL É O 4º PAIS DO MUNDO QUE MAIS GERA LIXO PLÁSTICO. Acesso em: https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que--mais-gera-lixo-plastico#:~:text=O%20Brasil%2C%20segundo%20dados%20do,Estados%20Unidos%2C%20China%20e%20%C3%8Dndia. Acesso em: 25 de setembro de 2020.

ZOË Lenkiewicz e MIKE Webster, 2017. HOW TO TRANSFORM PLASTIC WASTE INTO PAVING TILES. Acesso em: <https://wasteaid.org/wp-content/uploads/2017/10/8-How-to-transform-plastic-waste-into-paving-tiles-v1-mobile.pdf>. Acesso em: 23 de maio de 2021.

CAPÍTULO 20

ANALISE DA DURABILIDADE DAS CINZAS DE CAROÇO DE AÇAÍ NA PRODUÇÃO DE CONCRETO SUSTENTÁVEL

ANALYSIS OF THE DURABILITY OF AÇAÍ STONE ASH IN THE PRODUCTION OF SUSTAINABLE CONCRETE

Rebeca Helena Bentes Serra[1]
Sara Silva de Lima[2]
Marlysson José Silveira Borges[3]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.20

1 UNAMA bentesrebeca@hotmail.com
2 UNAMA saralimastm@hotmail.com
3 UNAMA silveira-borges@hotmail.com

RESUMO

Atualmente o concreto sustentável ainda é um dos materiais mais utilizados na construção civil, pelo seu custo e pela sua fácil trabalhabilidade, comparado aos demais materiais. Para entender a esta facilidade na execução, foram elaboradas várias normas técnicas com o propósito de garantir a qualidade mínima requerida para a obtenção de um aperfeiçoamento duradouro, dentre esses a ABNT NBR 5738:2015 que trata do método de moldagem de corpos-de-prova de concreto, muitas vezes negligenciada pelos construtores. O objetivo deste trabalho foi fazer uma análise da durabilidade do concreto sustentável com aproveitamento das cinzas do caroço de açaí. Este estudo é de caráter exploratório, onde buscou investigar resultados que comprove o comportamento das cinzas do caroço do açaí no concreto. O primeiro momento se deu com uma pesquisa bibliográfica, e o segundo momento um ensaio procurando resultados sobre resistência do concreto sustentável aproveitando as cinzas do caroço de açaí. Os ensaios de controle feito no caroço de açaí, mostraram que a garantia da qualidade do concreto e sua durabilidade, bem como sua aceitação junto às especificações, advém da utilização de metodologias de controle tecnológico do concreto.

Palavras-chave: Cinza, Caroço de Açaí, Sustentabilidade, Concreto.

ABSTRACT

Currently, sustainable concrete is still one of the most used materials in civil construction, due to its cost and easy workability, compared to other materials. In order to understand this ease in execution, several technical standards were elaborated with the purpose of ensuring the minimum quality required to obtain a lasting improvement, among these the ABNT NBR 5738:2015 which deals with the method of molding concrete specimens, often neglected by the builders. The objective of this work was to make analis and durability of sustainable concrete with use of the ash of açaí pit. This study is exploratory in nature, where it sought to investigate results that prove the behavior of the ashes of the açaí stone in the concrete. The first moment was with a bibliographic research, and the second moment was an essay looking for results on the resistance of sustainable concrete taking advantage of the ashes of the açaí stone. The control tests carried out on the açaí core showed that the guarantee of the quality of the concrete and its durability, as well as its acceptance with the specifications, comes from the use of methodologies for technological control of the concrete.

Keywords: Fire ash, Açaí Core, Sustainability, Concrete.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável vem se tornando uma grande preocupação para a Indústria de Construção Civil, por ser um setor responsável pelo consumo de grande quantidade de recursos naturais e também por grande parte dos impactos ambientas devido suas atividades. O campo da construção civil é um dos maiores consumidores de recursos naturais e gerador de resíduos sólidos. Sendo assim, esse projeto buscou uma maneira de incorporar esses materiais que hoje são considerados resíduos ao processo construtivo, com o intuito de reduzir o consumo de materiais naturais.

Na região Norte do país, existe um grande consumo deste fruto e, por decorrência disso, é gerado um volume de 1,6 a 2 toneladas desse sedimento por dia (DOL, 2017). De a cordo com o artigo apresentado no Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC (2019), "na grande maioria, são descartados de maneira inadequada pela população, nas ruas da cidade, na rede de esgoto e nos rios, gerando poluição e o entupimento de canais onde ocasionam ocorrência de enchentes na época de grande volume de chuvas no Norte do Brasil."

Diante deste contexto, o presente estudo abordará o uso das cinzas do caroço de açaí como adição mineral no concreto, sendo ele submetido a um diagnóstico de seus benefícios como a melhoria de sua propriedade, acompanhando sua durabilidade. Assim, para melhorar a resistência do concreto e aumentar sua qualidade sugerimos um experimento com a adição das cinzas do caroço do açaí, visto que é um mineral natural extraído do meio ambiente, além de contribuir com a redução desses resíduos no solo, o mesmo minimizar o custo. Ou seja, cogitamos uma maneira de incorporar esses resíduos ao processo construtivo, esperando com isso reduzir o consumo de materiais naturais como o caroço do açaí.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A qualidade do concreto começa a ser definida ainda na fase de dosagem, a partir da escolha dos materiais, estabelecimento de requisitos específicos relacionados com durabilidade e trabalhabilidade, assim como consumo mínimo de cimento, relação água/cimento máxima, além de definições quanto ao emprego de aditivos e/ou adições. Definidos os conceitos básicos sobre o projeto do concreto e escolhidos os materiais, o controle da qualidade do concreto passa a ter início com o controle das qualidades intrínsecas de seus insumos ou destas alteradas pelas condições de estocagem. Qualquer alteração na qualidade dos insumos repercute sempre na trabalhabilidade do concreto ou diretamente em sua resistência mecânica.

Nos últimos decênios, a indústria do concreto teve de responder a uma crescente demanda global de infraestrutura, que reporta a evolução da produção de cimento de 1900 até nossos dias, pode-se observar que, a partir da segunda metade do século XX, a produção de cimento registra um rápido aumento, justificado também pela fase de reconstrução europeia nos anos do pós-guerra. No presente estado, estima-se que a produção mundial de cimento deve aumentar 5% ao ano. Sem dúvida, para satisfazer esta demanda, é preciso um desfrute conspícuo do ambiente, não apenas em termos de utilização de recursos não renováveis, mas também de emissões atmosféricas

Trata-se de um material industrial de grande valor agregado, sendo o constituinte do concreto de maior preço. Como todo produto industrial, o cimento apresenta variações em suas características ao longo do tempo, muitas vezes excedendo ao que se poderia supor como adequado. Não nos cabe questionar as causas destas variações, mas sua existência deve ser levada em consideração como um elemento responsável, também, por variações no produto final.

Diferentes tipos de cimento apresentam diferentes características e desempenhos, assim como marcas diferentes de um mesmo tipo de cimento também podem apresentar desempenhos diferentes. A alteração de tipos de cimento ou a troca de marca deve sempre ser precedida de uma investigação para que seja possível avaliar o impacto da mudança nas características finais do concreto. O problema que mais aflige quem produz concreto, contando com pequenos desvios padrão, é a variabilidade que pode ser verificada no cimento ao longo do tempo, principalmente a variação na resistência mecânica.

A par destes cuidados com marcas e tipos de cimento, devemos ter sempre em mente que ensaios em cimentos Portland são demorados e normalmente quando dispusermos dos resultados o cimento avaliado já terá sido consumido tendo se transformado em concreto. Muitas vezes conseguimos apenas explicar o comportamento anómalo de um concreto, já que nossa capacidade de evitar problemas fica sempre restrita pela própria limitação que se impõe pelas características dos ensaios aplicáveis ao cimento.

De qualquer forma, relacionado o problema de um concreto com irregularidades no cimento, sempre será possível recorrer à fábrica, mas para tanto, devemos sempre que for recebida uma partida de cimento coletar uma amostra de referência. Esta amostra deverá ser identificada pela nota fiscal de venda, pela data e pelo horário de entrega, para que, diante da constatação de alguma irregularidade no concreto, seja possível enviar esta amostra a um laboratório para sua caracterização.

Entende-se que aditivos são produtos químicos que adicionados intencionalmente ao concreto têm a finalidade de reforçar ou melhorar certas características, facilitando seu preparo e utilização, muitas vezes possibilitando a redução de custo. O aditivo deve, como na medicina, ser encarado como um remédio ou como um complemento fortificante que, em dosagens adequadas e em casos específicos, resolve problemas, mas se empregado indiscriminadamente ou em dosagens incorretas, resulta por criar efeitos colaterais graves ou perdem a ação especifica.

Não se deve esquecer que aditivos podem ser contraindicados em alguns casos, como o emprego de aceleradores de pega à base de cloretos em concreto armado ou pretendido, pelo risco de corrosão das armaduras. Em concretos magros, o benefício representado pelo aumento do volume de pasta, pela incorporação de ar, na melhoria da trabalhabilidade, possibilitando a redução na quantidade de água, atua mais positivamente sobre a resistência mecânica elevando-a, pela diminuição da relação água/cimento, do que o prejuízo da redução da seção resistente, sendo recomendado seu emprego.

Muitas vezes é necessário, por técnica ou conveniência econômica, adicionar algum produto ao concreto com o intuito de alterar alguma característica específica, explorar alguma propriedade potencial ou simplesmente reduzir custos. Adições diferem dos aditivos, pois podem, além de apresentar atividade química, introduzir alterações eminentemente físicas, sendo sempre empregadas em quantidades significativamente maiores que aquelas definidas para os aditivos.

É clássico o uso das pozolana como adição com vários benefícios ao concreto, tanto no estado fresco, como no estado endurecido. Seu emprego está relacionado, entre outros motivos, com a redução do calor de hidratação, com a minimização da probabilidade de ocorrerem reações deletérias entre os agregados reativos e os álcalis do cimento, aumentar a resistência dos concretos à ação dos sulfatos, além de facilitar as operações de bombeamento, aumentar a coesão e a trabalhabilidade de traços pobres.

A partir dos anos 1940, tem sido empregado como adições minerais diversos tipos de resíduos de processos indústrias, com o objetivo de reduzir as quantidades de clinker utilizados no setor das construções. Pode-se obter benefícios também com relação aos outros constituintes do concreto; por exemplo, em diversos países europeus, com frequência preparam-se concretos utilizando materiais reciclados como agregados.

Em particular, são utilizados os resíduos de demolição para reintroduzir interior do ciclo produtivo do concreto os materiais cimentícios que seriam escoados. Até a disponibilidade de água será reduzida com o tempo, assim, há a necessidade de uma

utilização mais parcimoniosa e eficiente deste recurso. Foi estudada a possibilidade de reinserir as águas servidas das instalações que fazem concreto no respectivo ciclo de produção. Uma última solução para o problema, mas não menos importante, é relacionada com a durabilidade dos concretos fazer misturas que tenha um ciclo de vida mais longo permite diminuir as quantidades de concretos a serem produzidas, mas também as quantidades a serem escoadas em seguida às operações de demolição.

Bertolini (2006) explica como o clinker de cimento Portland pode ser parcialmente substituído por materiais pozolânicos ou com atividade hidráulica. Entre estas adições, as mais utilizadas hoje na produção do concreto são as cinzas volantes, resíduo da combustão nas centrais térmicas a carvão; a sílica ativa, subproduto do processo produtivo das ligas de ferrosilício; e a escória de alto-forno granulada, escória do processamento do aço. Inicialmente, estes materiais eram considerados como simples substitutos econômicos do cimento portland.

Em seguida, porém, compreendeu-se o papel benéfico destas adições que, depois de uma cura adequada, podem melhorar o comportamento em exercício do concreto com relação a diversos fenômenos de degradação graças aos benefícios da reação pozolânica. Definem-se como pozolânicos os materiais (naturais ou artificias) sílicos ou sílico-albuminosos que não possuem ou possuem poucas propriedades de argamassa, mas que, finamente moídos e na presença de umidade, reagem, em temperatura comum, com o hidróxido de cálcio Ca(OH). Por isso, uma vez adicionados ao concreto, esses materiais reagem com a cal produzida pela hidratação dos silicatos de cálcio do cimento.

Os compostos insolúveis produzidos pela reação pozolânica são parecidos com os obtidos por hidratação do cimento Portland e favorecem o afinamento da microestrutura do concreto, por efeito do qual ocorre a diminuição da porosidade capilar. A isto corresponde também una diminuição da permeabilidade do concreto, que acaba sendo mais resistente ao ingresso dos agentes agressivos, quando comparado ao concreto comum. As adições pozolânica melhoram o comportamento do concreto em relação à penetração de cloretos, ao ataque por sulfatos, à reação álcali-agregados, à erosão pela água e a fissuração produzida pelo desenvolvimento do calor de hidratação.

O método para avaliação da trabalhabilidade mais empregado, sem dúvida nenhuma, é o abatimento pelo tronco de cone (ANBT/NBM 67:1998), mais conhecido como "slump[1]", por sua extrema simplicidade de execução, rapidez, baixíssimo custo e pela singeleza dos equipamentos empregados. No entanto, talvez este seja o método mais impreciso, visto a habilidade de o operador, tanto na própria execução do ensaio

1 Ensaio de abatimento: muito utilizado em todo o mundo devido sua simplicidade, define o grau de utilização e consistência do concreto para trabalhabilidade em seu estado fresco, através de seu abatimento. Esse teste demonstra o efeito direto da resistência à compressão do concreto e sua relação água cimento. A norma que padroniza esse ensaio no Brasil é a NBR NM 67 (1998),

como na definição do ponto de leitura do valor do abatimento na superfície do tronco de cone abatido após a retirada da forma, pode influenciar os resultados, além de oferecer uma informação relativa, já que, em geral, concretos diferentes que apresentem um mesmo "slump" não apresentam a mesma trabalhabilidade.

A importância do slump reside passibilidade de comparação de concretos de unidades de produto diferentes (betonadas) dentro de uma mesma produção, sendo apropriado para o recebimento de concreto usinado ou para garantir a homogeneidade de produções especificas, em obras ou fábricas de pré-moldados. Apresenta limitações por ser extrema mente impreciso para concretos muito secos, com "slump" próximo de 0, ou para concretos de elevada fluidez, caracterizados por um "slump superior a 200 mm.

Um dos parâmetros de dosagem a ser determinado, então, será o teor de argamassa que deverá representar um volume de argamassa tal que garanta o preenchimento dos vazios deixados pelos grãos do agregado graúdo, em geral a brita, a movimentação relativa entre estes grãos, durante o processo de adensamento, e o acabamento das peças concretadas.

A relação entre o cimento e a areia, na composição da argamassa, será definida pelo traço, a partir de uma relação água/cimento necessária para o atingimento de uma resistência mecânica preestabelecida, e da percentagem de água/materiais secos que determinará a consistência da mistura, ou seja, o aspecto objetivo da trabalhabilidade. O aspecto subjetivo, a coesão, fica definido pelo teor de materiais finos na mistura e pelo teor de argamassa, que será uma função das características granulométricas e da forma dos grãos dos agregados, principalmente a brita.

Se for feita alteração no volume de água, com o intuito de modificar a consistência do concreto, a quantidade de cimento também deverá ser alterada para que, em sendo mantida a relação água/cimento, seja mantida a resistência mecânica, além de outras características que também dependem da relação água/cimento, como a durabilidade.

O traço estará modificado pela adoção de uma nova percentagem água/materiais secos, que conduzirá a uma variação na quantidade de cimento em relação aos agregados. O volume de pasta também poderá ser aumentado pelo incremento da quantidade de ar sempre presente, aprisionado durante o processo de mistura,

O aumento na quantidade de ar pode ser obtido a partir do emprego de aditivos incorporadores de ar, tendo-se em mente que cada bolha de ar representa um defeito que contribuirá para a redução da resistência mecânica pela redução da seção resistente, a não ser em casos onde o aumento na trabalhabilidade permita reduzir a

quantidade de água em pregada com consequente redução na relação água/cimento, compensando a perda de resistência pela introdução destes defeitos.

Esta situação favorável normalmente ocorre em concretos de baixo consumo de cimento, também chamados de concretos magros, já que a incorporação intencional de ar em concretos de maior consumo de cimento não conduz à redução da quantidade de água empregada, havendo sempre comprometimento da resistência mecânica pela introdução de defeitos representados pelas bolhas de ar. Assim, a obtenção da trabalhabilidade desejada parte do estabelecimento correto do teor de argamassa para que os vazios deixados pelos grãos do agregado graúdo sejam todos preenchidos e para permitir o movimento relativo entre os grãos do agregado graúdo e garantir o bom acabamento das peças concretadas.

O açaizeiro (Euterpe oleracea Mart.), planta pertencente à ordem dos Arecales, ao gênero Euterpe da família Palmae, é uma palmeira nativa da Amazônia, abundante nas áreas de várzeas ou de ilhas da região. Na região norte existe grande quantidade de plantas com relevância para as espécies frutíferas, dentre estas, destaca-se o açaí.

Figura 1 - Cacho de Frutos do açaizeiro.

Fonte: Imagem Internet - Google (2021)

O açaizeiro é encontrado principalmente na Amazônia predominantemente em terrenos submetidos à enchente periódica. As palmeiras reproduzem-se de forma sexuada e assexuada, o que agiliza o processo de multiplicação da mesma para a produção do fruto e do palmito, na região amazônica observa-se que a frutificação ocorre em praticamente todo o ano. os caroços de açaí da espécie *Euterpe precatória Mart.*, possuem diâmetro médio de 11,5 mm (IMAZON, SEBRAE, 2010). Para Pereira e Rodrigues (2013), "o caroço representa 80% do seu fruto, transformando-se em resíduo orgânico habitualmente utilizado para queima em fornos com baixo valor agregado, apesar de ser uma fonte de material lignocelulósico renovável, ocasionando um grave problema ambiental".

De a cordo com o artigo apresentado no Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC (2019), foi observado que os concretos produzidos

com adição do caroço do açaí apresentaram menor massa em relação ao concreto puro, ou seja, apresentando um concreto mais leve. Com a análise dos resultados, constatou-se que houve um aumento na resistência à compressão para o concreto reforçados com o caroço de açaí torrado e houve uma diminuição da resistência à compressão para o concreto reforçados com o caroço açaí inteiro em relação ao concreto puro. Por outro lado, o caroço encontra-se como principal subproduto do processamento do fruto para poupa e é considerado como resíduo. Segundo Gantuss (2006) o mesmo corresponde a 83% do fruto açaí. E este normalmente é descartado de forma indevida.

3 METODOLOGIA

Os experimentos foram realizados no laboratório de engenharia civil no Centro Universitário da Amazônia – UNAMA. Porém, algumas etapas foram realizadas no laboratório de farmácia e no laboratório de engenharia do IFPA – Instituto Federal do Pará. Os caroços de açaí foram coletados em um estabelecimento comercial localizado na cidade de Santarém – PA após o despolpamento, onde seriam descartados no lixo. Depois da coleta, foi feita a lavagem em água corrente e com o auxílio de uma peneira para a remoção de resíduos que estavam juntos com a biomassa.

Depois da lavagem, foi feita a disposição do material em bandejas para uma pré-secagem ao ar-livre com o intuito de remover o excesso de umidade. Nesta etapa do processo, o grão do açaí é deixado secando ao sol por dia, para ficar limpo e perder os pelos. Nesse período, o caroço é sempre peneirado. O próximo passo é a torrefação. Esse trabalho leva cerca de uma hora. Como pode ser visto na figura 2. Esta etapa da torra é, certamente, fundamental, o processo de transformar o açaí em grãos secos. Para maior agilidade a matéria prima foi colocada na estufa da marca DeLeo (Figura 4) por um período de 12 horas em temperatura a 300 ºC, para facilitar na hora de moer. Este processo foi realizado no laboratório da Unama.

Figura 2 - Secagem do caroço de açaí

Figuras 3 e 4 - Estufa e caroços de açaí torrados.

Fonte: Autor (2021).

A cominuição é um processo de redução de materiais sólidos a partir de uma partícula de tamanho médio para tamanhos bem menores, também conhecida como

fragmentação. Neste ensaio o procedimento de cominuição foi realizado manualmente, com a ajuda de uma vasilha de cerâmica e um porrete para moer a amostra (Figura 5). Sistema também praticado no laboratório de engenharia da Unama.

Figura 2 - Biomassa moída.

Fonte: Autor (2021).

Figura 3 - Mufla e as cinzas.

Fonte: Autor (2021).

Para a transformação em cinzas, com a biomassa já bem moída, foi colocada em um cadinho (pois o material iria receber altas temperaturas) para carbonizar na mufla por 4 horas em 600 ºC de temperatura (Figura 6). Procedimento executado no laboratório de farmácia na UNAMA. Além disso, para o começo da produção do concreto reforçado com as cinzas do caroço de açaí, foi utilizado um traço (Tabela 1) cedido pela empresa FCK - Controle Tecnológico e Sondagem SPT, para dar início a fabricação dos CPs (Corpo de Prova).

Tabela 1 - Traço em massa seca.

Concreto de 25 MPa	
Traço unitário em massa (1:a:b)	1 ; 1,9 ; 2,95
Relação água/cimento	0,5
Abatimento do tronco de cone (Slump)	100
Teor de argamassa (α)	57%
Aditivo 211 EUCON	10ml
Abatimento Inicial	110mm

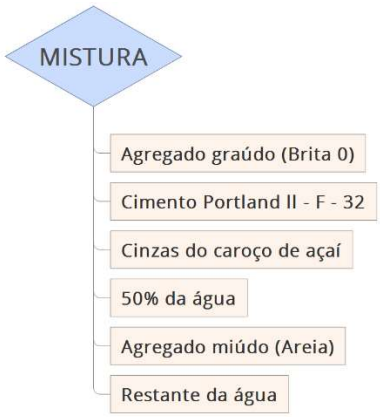
Fonte: FCK (2021).

O processo foi elaborado de acordo com a ABNT NBR 5738 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Iniciamos com a lavagem da betoneira para retirar quaisquer resíduos e, em seguida passamos a brita na peneira de número 2 para retirarmos o excesso de material pulverulento do agregado graúdo. Para retirar a umidade do agregado miúdo, colocamos a areia na estufa por 4 horas a 100 ºC. Depois desses procedimentos, realizamos a mistura com a betoneira de eixo inclinado, com adição de 1, 3 e 5 por cento de cinzas do caroço de açaí para cada traço (figura 6), seguindo uma ordem demonstrada no fluxograma (Figura 7).

Figura 6 - Betoneira com a mistura.

Fonte: Autor (2021).

Figura 7 - Fluxograma do processo da mistura.



Fonte: Autor (2021).

O ensaio de abatimento, mais conhecido como teste de Slump, foi realizado após a fabricação do concreto de acordo com a ABNT NBR 5738. Com o auxílio de uma concha, houve o preenchimento do molde tronco cônico com concreto em 3 camadas. Em cada camada, foi realizado 25 golpes com a haste de compactação para total preenchimento do concreto no tronco de cone. Ao retirar o molde foi medido o abatimento, determinando a diferença entre a altura do molde e a altura do eixo do corpo de prova (Figura 8).

Além disso, para a moldagem dos corpos de prova, os autores realizaram a limpeza dos corpos cilíndricos para antes de proceder a moldagem, revestir inteiramente os CPs com uma fina camada de óleo queimado (Figura 9).

Figura 8 - Teste de Slump.

Fonte: Autor (2021).

Figura 9 - Corpos cilíndricos.

Fonte: Autor (2021).

Com auxílio de uma concha os cilindros foram preenchidos em camadas de forma simétrica. Cara camada foi adensada de forma mecânica, utilizando um vibrador com tempo de 5 segundo cada (o suficiente para deixar a camada com aspecto relativamente liso e sem mais o aparecimento de bolhas de ar na superfície), a última camada foi moldada em excesso de concreto no cilindro para, depois de adensada, com a ajuda de uma colher de pedreiro proceder com o rasamento, eliminando assim o material em

excesso (Figura 10), de acordo com a ABNT NBR 5738. Após 24 horas do preenchimento, os corpos de prova foram retirados dos moldes e colocados debaixo d'agua para o processo de cura do concreto.

O ensaio de resistência a compressão foi realizado no laboratório de engenharia do IFPA – Instituto Federal do Pará. Os corpos de prova (CPs) foram colocados adequadamente nos pratos de compressão na parte superior e inferior dos CPs e, foram rompidos em 3, 7 e 14 dias. Os resultados são dados pela máquina em KN (kilonewton) (Figura 11), para transformar em MPa (Mega Pascal) (Figura 12).

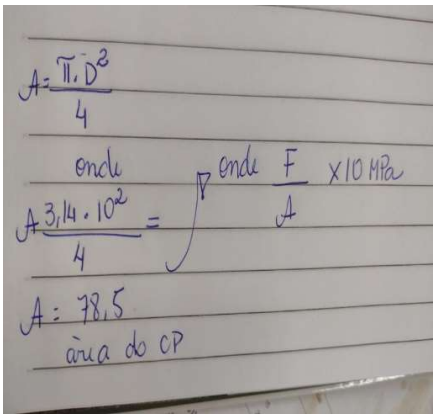
Figura 10 - Corpos de prova.

Fonte: Autor (2021).

Figura 11 - Ensaio de compressão.

Fonte: Autor (2021).

Figura 12 - Cálculo de KN para MPa

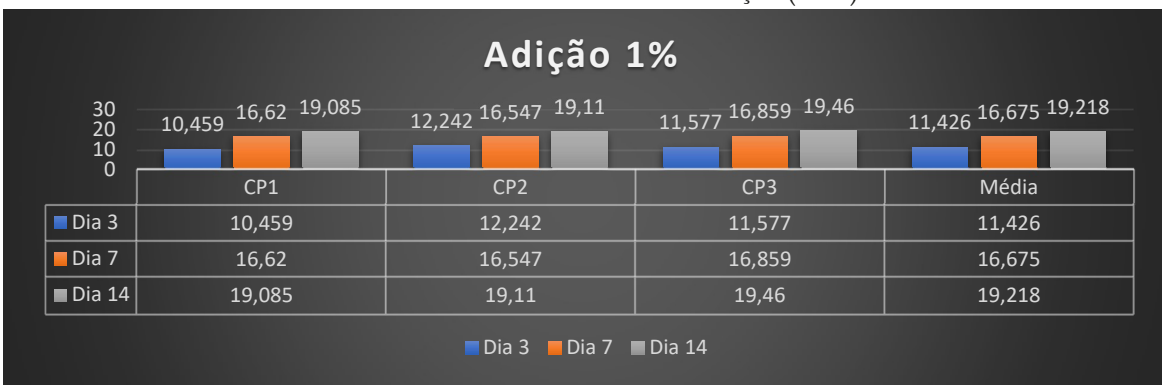


Fonte: Autor (2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Notou-se com a análise dos resultados, que os concretos reforçados com as cinzas do caroço de açaí apresentaram níveis crescentes da resistência do concreto diante do ensaio de compressão, conforme as Tabelas 2, 3 e 4. Os resultados mostraram também, que não há um aumento significativo entre as adições de 3 e 5 por cento, ou seja, o concreto mais viável para confecção e, melhor trabalhabilidade seria até 3% de sílica, para não ocorrer perda de resistência

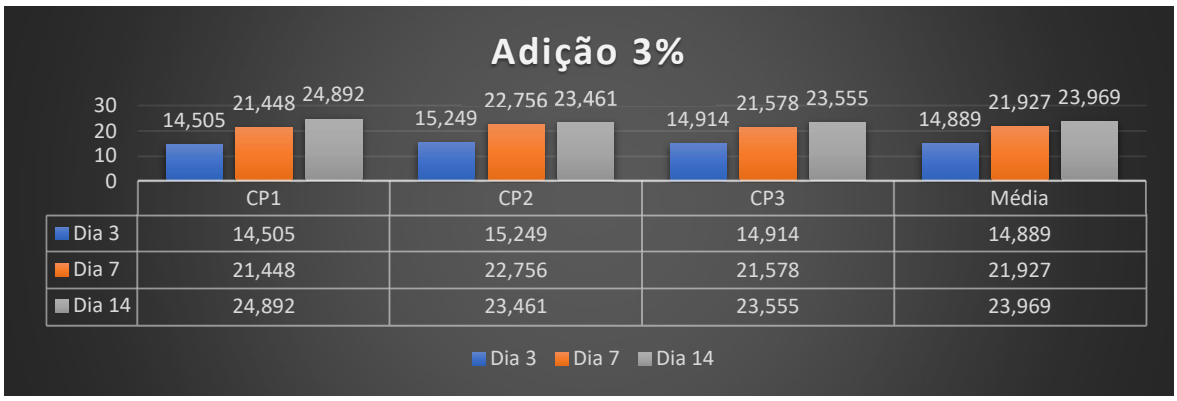
Tabela 2 - Resultados com 1% de adição (MPa).



	CP1	CP2	CP3	Média
Dia 3	10,459	12,242	11,577	11,426
Dia 7	16,62	16,547	16,859	16,675
Dia 14	19,085	19,11	19,46	19,218

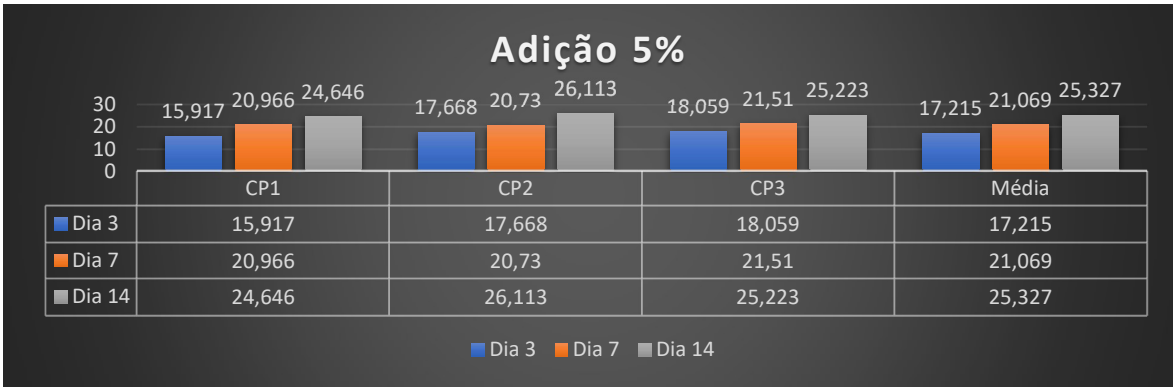
Fonte: Autor (2021).

Tabela 3 - Resultados com 3% de adição (MPa).



Fonte: Autor (2021).

Tabela 4 - Resultados com 5% de adição (MPa).



Fonte: Autor (2021).

Com a situação mundial, a realidade da pandemia, os autores do presente trabalho enfrentaram algumas barreiras para finalizar os ensaios com a idade de ruptura prevista pela norma, pois de acordo com a NBR 5739, a ordem a ser seguida seria de 3, 7 e 28 dias para o rompimento, porém, o laboratório se encontrava fechado por conta do decreto municipal em relação ao funcionamento dos ambientes educacionais. Então foi realizado uma estimativa (Tabela 5), considerando uma amostragem parcial de acordo com a equação na ABNT NBR 12655:2015 (Figura 13).

Figura 13 - Equação para obter o fck,est para uma amostragem parcial.

$$f_{ck,est} = 2 \times \frac{f_1 + f_2 + \cdots + f_{m-1}}{m-1} - f_m$$

Fonte: ABNT NBR 12655, 2015.

Tabela 5 - Estimativa da ruptura em 28 dias.

Fonte: Autor (2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final do presente trabalho foi possível perceber que o concreto reforçado com as cinzas do caroço de açaí apresentou níveis crescentes de resistência. Além disso, foi possível perceber que o concreto com maior viabilidade para confecção e para trabalhabilidade foi o de até 3% de sílica, para não ocorrer perda de resistência.

Por outro lado, visto que a construção civil é um mercado que está em evolução constante, é cada vez maior a necessidade da pesquisa de novos elementos que agreguem um menor custo e um maior benefício no setor. Assim, como o concreto constitui o material mais utilizado no ramo, tornam-se necessárias pesquisas com a finalidade de aprimorar técnicas e baratear custos.

Nessa realidade, o caroço de açaí demonstrou-se uma matéria-prima que pode ser utilizada com as finalidades expostas, além de representar o reaproveitamento do caroço que seria desperdiçado. Por fim, foi possível verificar a viabilidade de todo o processo e a diminuição dos custos finais.

REFERÊNCIAS

_____ Aproveitamento Do Caroço Do Açaí Como Fonte De Energia Térmica Para As Olarias Do Município De Bragança Pará **VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campo Grande/MS** – 27 a 30/11/2017 Disponível em: https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/XI-050.pdf. Acesso: 23 de maio de 2021

ACI Commitee 201, Guide to Durable Concrete**, ACI Mat.** Jour., vol. 88, n.5, p.544-582,1991

AGOPYAN. V**. Construção Civil consome até 75% da matéria prima do planeta. 2013.** Disponível em: http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2013/07/construcao-civil-consome-ate-75-damateria-prima-do-planeta.html Acesso: 23 de maio de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR, 5738, 2003, **Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos de concreto**. Rio de Janeiro.2003

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 11768: Aditivos para concreto de cimento Portland**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR, 5739, 2015, **Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **- NBR 12821: Preparação De Concreto Em laboratório.** Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução no 358 de 29 de abril de 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 2005**. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 04 mai 2005b.

BRASIL. Ministério da Saúde. **ANVISA. Resolução RDC n.360, de 23 de dezembro de 2003. A Diretoria Colegiada da ANVISA/MS aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados**. Diário Oficial da União; Brasília, DF, 26 de dez 2003b.

CONAMA - **Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002). Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação.** Diário Ofiial da União, 17/07/2002.

COUTO, A. B.; COUTO, J. P.; TEIXEIRA, J. C. **Desconstrução – Uma Ferramenta par Sustentabilidade da Construção.** Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho. Azurém, Portugal, 2006.

DEWAR, J. D., ANDERSON, R., 1992, **Manual of ready mixed concrete.** Ed. Blackie Academic and Professional, Nova York - Estados Unidos da América. 1992

DOL. **Sobra de açaí não tem coleta adequada. 2017.** Disponível em:http://www.diarioonline.com.br/noticias/para/noticia-392850-sobra-de-acai-nao-tem-coletaadequada.html. Acesso: 23 de maio de 2021.

FRANÇA, Esdras Poty de. Tecnologia Básica do Concreto. In: **Apostila Curso Engenharia de Produção Civil. Disciplina materiais de construção**. CEFET. Belo Horizonte. 2004. p. 7-13.

GANTUSS, C. A. R. **Caracterização física e química de locais de ocorrência do Açaizeiro (euterpe oleracea, mart) no Estado do Amapá e sua relação com o rendimento e qualidade do fruto**. 2006. 79. f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2006.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto - Estrutura, Propriedades e Materiais**. 1.ed. São Paulo: Pini, 1994. 119p.

MESQUITA, A. L., **Estudos de processos de extração e caracterização de fibras do fruto do açaí (euterpe oleracea mart.) Da amazônia para produção de ecopainel de partículas homogêneas de média densidade**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Pará. 2013.

NUNES, D. G. **Carbonatação acelerada em concreto compostos com cinza de casca de arroz de diferentes teores de carbono grafítico.** Santa Maria: UFSM, 2014

PARÁ. **Governo do Estado. Programa Estadual de Qualidade do Açaí**. Belém, 2007. 18 p

REIS, B. O. et al. **Produção de Briquetes Energéticos a partir de Caroços de Açaí. AGRENER 2002 –** ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2004

SEBRAE, **Produção nacional de açaí**. Brasília, 2015. Disponível em: http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/64153228c3c444bcdb587b6b501fa076/$File/5827.pdf. Acesso: 23 de maio de 2021.

TAPAJÓS, L. S.; SOUSA, D. M. P. de; REIS, F. J. L.; LIRA, M. V. P.; SOUZA, P. S. L. **A influência da utilização da cinza do caroço do açaí em substituição ao cimento em concretos submetidos à carbonatação. In: 55º Congresso Brasileiro do Concreto,** 2013, Gramado. Anais**.**

CAPÍTULO 21

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTAÇÃO DO TIPO RÍGIDO E FLEXÍVEL NO MUNICÍPIO DE JURUTI-PÁ

COMPARATIVE STUDY IN BETWEEN RIGID AND FLEXIBLE FLOORING IN THE CITY OF JURUTI-PA

Victtória Coelho de Souza Lima[1]
Ricardo Vitor Pereira da Rocha[2]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.21

1 Centro Universitário da Amazônia. Victtoria15@hotmail.com
2 Centro Universitário da Amazônia. https://orcid.org/0000-0002-0195-5314. Engcivil.ricardorocha@gmail.com

RESUMO

Devido à falta de pavimentação adequada no município de Juruti, montamos uma equipe de pesquisa com o objetivo de analisar os sistemas de pavimentação disponíveis e suas aplicações no que se refere a comparação entre pavimento rígido e flexível, com a finalidade de abordar os aspectos positivos e negativos de ambos, e assim, achar uma solução com o melhor custo benefício tanto na construção como na manutenção, buscamos sempre soluções que possam significar segurança para a pavimentação. Realizamos uma pesquisa bibliográfica de pavimentação e suas principais características como técnica, composição e análise, realizamos um estudo de caso na qual percebemos que o sistema de pavimentação encontrado no local de estudo ainda é bem deficiente, assim sendo, realizou-se um estudo mais detalhado, afim de que pudéssemos verificar a tomada de decisão para analisarmos os métodos mais eficazes a cada tipo de pavimentação.

Com isso, através deste estudo comparativo, foi possível concluir que o flexível é de menor custo para uma possível pavimentação na cidade de Juruti, pois essa pavimentação se enquadra no melhor custo benefício para o município, já que as vias que possivelmente irão ser asfaltadas na cidade não apresentam demanda de grande tráfego de veículos, pelo simples fato de ser uma cidade pequena e de poucos veículos pesados.

Palavras-chave: Pavimento rígido. Pavimento flexível. Custo-benefício.

ABSTRACT

Due to the lack of adequate paving in the municipality of Juruti, we set up a research team with the objective of analyzing the available paving systems and their applications, with regard to the comparison between rigid and flexible pavements, in order to address the positive aspects and negatives of both and thus finding a solution with the best cost benefit, both in construction and maintenance, we always seek solutions that can mean safety for paving. We carried out a bibliographic search of paving and its main characteristics such as technique, composition and analysis, and of character we carried out a case study in which we realized that the paving system found at the place of study is still very deficient, therefore, there was a more detailed study, so that we could verify the decision making to analyze the most effective methods for each type of paving. With this, through this comparative study, we concluded that the flexible is of lower cost for a possible paving in the city of Juruti, because this paving fits in the best cost benefit for the municipality, since the roads that will possibly be paved in the city do not present a high demand for vehicle traffic, simply because it is a small city and few heavy vehicles.

Keywords: Rigid floor. Flexible floor. Cost-effective.

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho, a finalidade é apresentar sobre qual o método construtivo de pavimentação que apresenta melhor relação custo benefício. Com tudo isso, destacam-se alguns pontos como a vida útil, vantagens e desvantagens, comparar a técnica de pavimentação, resistência e consumo de material, visto que a maioria vem de fora, por juruti ser uma cidade muito pequena. Em função disto, nesse trabalho serão avaliados para propor o método rígido e flexível, para averiguar os diversos aspectos e qual o pavimento mais viável.

Justifica-se trabalhar com essa temática por perceber que no município de Juruti precisa de um planejamento de reorganização, outrossim, um projeto bem elaborado permitirá um maior conforto aos moradores em seus deslocamentos e maior integração territorial. Com isso, é feito uma pesquisa para descobrir qual o melhor tipo de pavimentação a serem realizados nas possíveis vias, quais serão os termos de custo-benefício e melhoria significativas na segurança da população.

Considera-se importante oferecer a infraestrutura de pavimentação no município, utilizando soluções que permitem o deslocamento com fluidez pelo sistema de transporte urbano e a acessibilidade, bem como o acesso a infraestrutura técnica e social por parte de todos os cidadãos, com isso, a redução das desigualdades sociais.

Neste sentido, a presente pesquisa apresenta informações de um estudo de caso, afim de aprofundar os conhecimentos das características de cada pavimento, assim, foi realizada uma pesquisa metodológica sobre os pavimentos do tipo rígido e flexível para saber melhor sobre os dois em um estudo detalhado.

2 METODOLOGIA

A finalidade deste estudo é analisar os problemas que o município de Juruti, localizado no estado do Pará, à margem direita do rio Amazonas, vem sofrendo por causa da falta de pavimentação, e assim, buscar avaliar os princípios de pavimentação disponíveis e mais viáveis para uma possível aplicação, com a finalidade de buscar o melhor custo benefício para esta problemática no Município.

2.1 Processos para a pavimentação

O processo de pavimentação no município é precário pela falta de recursos destinados a pavimentação pelos órgãos públicos, pois tudo depende de um estudo para ver as necessidades, portanto, todo o procedimento tem que passar por uma licitação,

sendo necessário uma averiguação detalhada para avaliar os custos e às demandas que estão sendo relacionados.

Pavimento é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança. (BERNUCCI *et al.*, 2008).

Pavimento é a estrutura construída de múltiplas camadas sobre a terraplanagem de um terreno e tem a função de resistir esforços, receber cargas de tráfego de veículos e redistribuir para os solos da fundação. Dando boas condições de rolamento e proporcionando condições satisfatórias de velocidade, segurança, conforto no transporte de pessoas e mercadorias. (ARAÚJO, M. A. *et. al*, 2016).

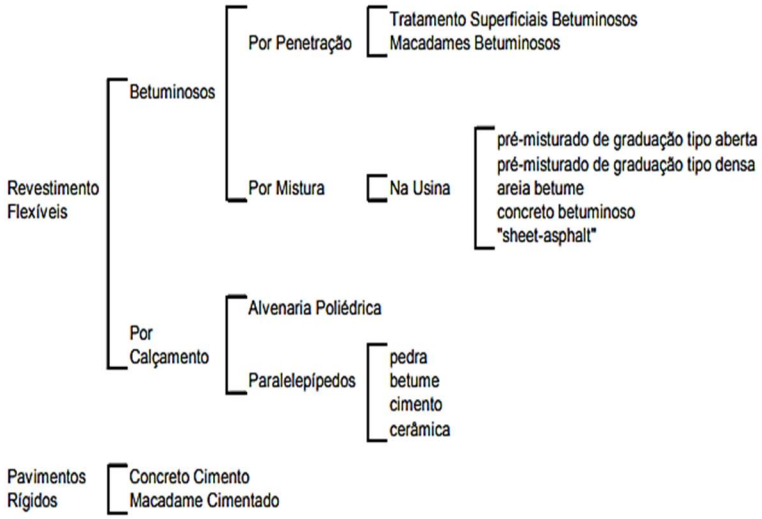
Pavimentar uma via propicia o aumento operacional para o tráfego de veículos através da implantação de uma superfície mais regular e mais aderente, proporcionando aos usuários maior conforto no deslocamento e mais segurança em condições de pista úmida ou molhada. (FILHO *et al.*, 2018 *apud* BALBO, 2007).

Com isso, entende-se que pavimentação é um revestimento sobre uma superfície, que é formado por camadas com diferencias características.

2.2 Classificação dos tipos de pavimentos rígidos e flexível

A classificação dos pavimentos e os seus tipos de revestimentos está resumidamente a seguir, na figura 1.

Figura 1 - Classificação dos pavimentos.



Fonte: DNIT (2006).

2.3 Pavimento Rígido

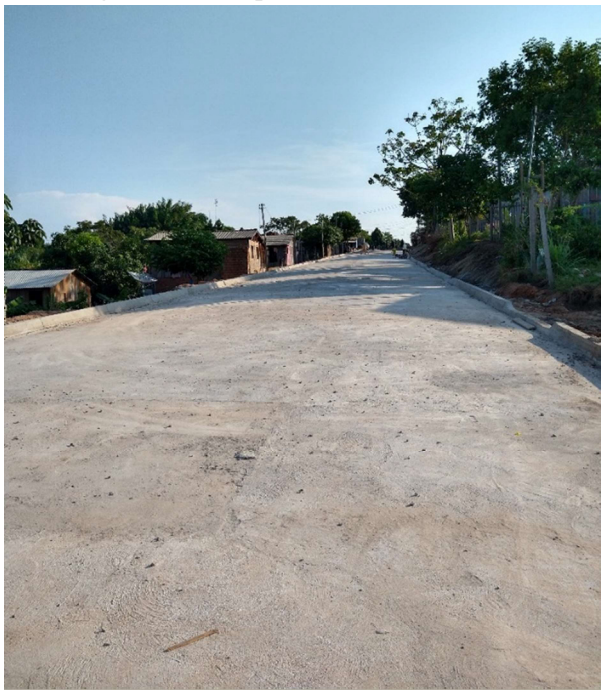
De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte DNIT (2006), pavimento rígido é aquele em que o revestimento tem uma elevada rigidez em relação às camadas inferiores e, portanto, absorve praticamente todas as tensões provenientes do carregamento aplicado. Exemplo típico: pavimento constituído por lajes de concreto de cimento Portland.

Segundo Bernucci et al. (2010), os pavimentos rígidos são aqueles em que o revestimento é constituído por placas de concreto de cimento Portland. Pavimento rígido é aquele que absorve praticamente todos os esforços e tensões do carregamento que é solicitado por ter uma rigidez mais alta no revestimento do que nas camadas subjacentes. (DNIT, 2006).

Perceber então que o concreto que é utilizado para fazer pavimentações rígidas são na verdade uma combinação do cimento Portland, areia, agregados graúdos e miúdo, água e aditivos. (DNIT, 2006). Entende-se que deste modo, o revestimento de pavimento rígido pode ser feito por concreto pré-moldado ou em produção in loco, com isso, passa por todo um processo executivo para ser elaborado.

O pavimento de concreto simples – PCS (figura 2). O PCS é formado de placas de concreto moldadas in loco.

Figura 2 - Rua pavimentada com PCS.



Fonte: Pessoal (2020).

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte DNIT (2013), o processo executivo do pavimento de concreto simples obedece a algumas etapas, a saber:

1. Preparo da sub-base: a sub-base deve estar nivelada e regularizada, com sua conformação geométrica mantida até a ocasião da execução do pavimento. Caso tenha sido indicada a colocação de película isolante e impermeabilizante sobre a superfície da sub-base, deve-se verificar se ela está corretamente esticada e se as emendas são feitas com transpasse de 20 cm, no mínimo.
2. Mistura, lançamento e espalhamento do concreto: o concreto deve ser produzido em centrais do tipo gravimétrica, dosadoras e misturadoras, de forma homogênea e sem segregação. O período máximo entre a mistura e o lançamento do concreto deve ser de 30 minutos. O lançamento pode ser feito por descarga lateral ou frontal à pista. No espalhamento do concreto, podem ser usados diversos equipamentos como a pá-distribuidora do sistema de fôrmas deslizantes, pá triangular móvel, rosca sem-fim ou caçamba que receba o concreto, distribuindo-o com altura uniforme por toda largura da pista.
3. Adensamento do concreto: o adensamento do concreto deve ser feito por vibradores hidráulicos ou elétricos fixados em barras de altura variável, possibilitando executar a pista na espessura projetada. Deve haver alimentação contínua do equipamento, a fim de manter homogênea a superfície final.
4. Acabamento do concreto: o acabamento do concreto deve ser executado pela passagem da régua acabadora longitudinal. Também devem ser empregadas as desempenadeiras metálicas de cabo longo, na direção transversal à pista e em seguida, as desempenadeiras metálicas de base larga para o acabamento final, junto com as desempenadeiras de cabo curto para acabamentos localizados. Após a perda do brilho superficial do pavimento acabado, deve-se executar a texturização da superfície do pavimento através de ranhuras para aumentar a aderência com os pneu-

máticos.

5. Cura do concreto: na cura do concreto devem ser utilizados produtos químicos capazes de formar uma película plástica. A aplicação deve ser realizada manualmente ou com equipamento auto propelido, devendo ser iniciada logo após a texturização do concreto. Caso acorra evaporação da água de amassamento durante a concretagem, deve ser aplicada uma segunda demão de produto químico.
6. Execução das juntas: as juntas longitudinais e transversais devem estar em conformidade com as posições indicadas no projeto, não se permitindo desvios de alinhamento superiores a 5 mm. As juntas longitudinais são divididas em juntas longitudinais de articulação e de construção, já as juntas transversais se dividem em juntas transversais serradas e de construção. Nas juntas longitudinais são instaladas as barras de ligação, obedecendo às posições e especificações definidas em projetos. E nas juntas transversais, são instaladas as barras de transferência com suas especificações definidas no projeto, devendo as barras permitir a movimentação da junta.

2.4 Pavimento Flexível

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte DNIT (2006), o pavimento flexível é aquele em que todas as camadas sofrem deformação elástica significativa sob carregamento aplicado e, portanto, a carga se distribui em parcelas aproximadamente equivalentes entre as camadas. Exemplo típico: pavimento constituído por uma base de brita (brita graduada, macadame) ou por uma base de solo pedregulhos, revestida por uma camada asfáltica.

Segundo Bernucci et al. (2010), os pavimentos asfálticos são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. É formado por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito são de grande importância estrutural.

Ainda Segundo Bernucci et al. (2010), os revestimentos asfálticos são constituídos por associação de agregados e de materiais asfálticos, podendo ser de duas maneiras principais, por penetração ou por mistura. Por penetração refere-se aos executados através de uma ou mais aplicações de material asfáltico e de idêntico número de operações de espalhamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas.

Com relação aos materiais utilizados nos pavimentos flexíveis, os agregados correspondem entre 90% e 95% do revestimento, sendo responsável por suportar e transmitir as cargas aplicadas pelos veículos e resistir ao desgaste sofrido pelas solicitações. Já o material betuminoso – asfalto, corresponde entre 5% e 10% do revestimento, tendo função aglutinante e ação impermeabilizante. (BERNUCCI *et al.*, 2010).

Um dos tipos mais utilizados no Brasil é o concreto asfáltico usinado a quente – CAUQ Figura 3. (Bernucci *et al.*, 2010).

Figura 3 - Rua pavimentada com CAUQ.

Fonte: Pessoal (2020).

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte DNIT (2006), o processo executivo do CAUQ é divido em várias etapas sendo elas:

1. Imprimação: o ligante betuminoso, geralmente é asfalto diluído, CM-30 e CM-70, e aplicado por um caminhão com bomba reguladora de pressão e sistema de aquecimento, logo após o perfeito adensamento da base e a varredura da superfície com vassoura mecânica. O ligante deve ser absorvido pela base em 72 horas, tendo como objetivo a impermeabilização do solo através da penetração do material betuminoso. A taxa de aplicação é definida em laboratório, variando entre 0,8 l/m² a 1,6 l/m².
2. Pintura de ligação: passados mais de sete dias entre a execução da imprimação e a do revestimento, a pintura de ligação de ser feita. O material betuminoso utilizado tem uma taxa recomendada pelo DNIT de 0,3 l/m² a 0,4 l/m², e as mais usadas são: RR-1C e RR-2C. O objetivo da sua aplicação é promover melhor condição de aderência entre a superfície da base e o CAUQ.
3. Distribuição do CAUQ: o CAUQ deve ser distribuído sobre a superfície já imprimada e pintada, com auxílio de caminhões basculantes adequados e vibro acabadoras. Os materiais utilizados não devem exceder a temperatura de 177 ºC.
4. Compactação do CAUQ: ao término da distribuição, a compactação deve ser iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista. Porém, em superelevação deve-se começar a compactação sempre pelo lado mais baixo para o ponto mais alto da curva. Ela é feita com o rolo pneumático e rolo metálico liso. Com o fim da compactação o tráfego só é aberto após o completo resfriamento.

3 VANTAGEM E DESVANTAGEM

Quadro 1 - Comparativo de pavimento rígido e flexível.

PAVIMENTOS RÍGIDOS	PAVIMENTOS FLEXÍVEIS
Estruturas mais delgadas de pavimento.	Estruturas mais espessas (requer maior escavação e movimento de terra) e camadas múltiplas.
Resiste a ataques químicos (óleos, graxas, combustíveis).	É fortemente afetado pelos produtos químicos (óleo, graxas, combustíveis).
Maior distância de visibilidade horizontal, proporcionando maior segurança.	A visibilidade é bastante reduzida durante a noite ou em condições climáticas adversas.
Pequena necessidade de manutenção e conservação, o que mantém o fluxo de veículos sem interrupções.	Necessário que se façam várias manutenções e recuperações, com prejuízos ao tráfego e custos elevados.
Falta de aderência das demarcações viárias, devido ao baixo índice de porosidade.	Melhor aderência das demarcações viárias, devido a textura rugosa e alta temperatura de aplicação (30 vezes mais durável).
Vida útil mínima de 20 anos.	Vida útil máxima de 10 anos (com manutenção).
Maior segurança à derrapagem em função da textura dada à superfície (veículo precisa de 16% menos de distância de frenagem em superfície seca, em superfície molhada 40%)	A superfície é muito escorregadia quando molhada.
De coloração clara, tem melhor difusão de luz. Permite até 30% de economia nas despesas de iluminação da via.	De cor escura, tem baixa reflexão de luz. Maiores gastos com iluminação
O concreto é feito com materiais locais, a mistura é feita a frio e a energia consumida é a elétrica.	O asfalto é derivado de petróleo importado, misturado normalmente a quente, consome óleo combustível e divisas.
Melhores características de drenagem superficial: escoa melhor a água superficial.	Absorve a umidade com rapidez e, por sua textura superficial, retém a água, o que requer maiores caimentos.
Mantém íntegra a camada de rolamento, não sendo afetado pelas intempéries.	Altas temperaturas ou chuvas abundantes produzem degradação.

Fonte: Bianchi et al.

É muito importante observar o quadro a cima para analisar quais são as desvantagens e, assim, avaliar qual pavimento seria o mais avantajado para se pavimentar as vias futuramente no município de Juruti.

4 ANÁLISE COMPARATIVAS DOS PAVIMENTOS

4.1 Comparativo Técnico dos Pavimentos

Na alternativa de qual tipo de pavimento é mais viável para uma possível pavimentação nas vias do município de Juruti-Pará, é de suma importância analisar as características de cada tipo de pavimento. com isso, é necessário fazer um comparativo técnico entre pavimento rígido e pavimento flexível, que relacione as características, como de manutenção, de comportamento e segurança.

4.2 Construção

Segundo Guimarães Neto (2011), a estrutura necessária para a pavimentação flexível é mais complexa que a estrutura para a pavimentação rígida, devido à forma distinta de como as cargas são absorvidas por ambos os pavimentos. Porém, apesar de estrutura mais simples, o pavimento rígido possui uma maior rigorosidade na sua metodologia de construção e da qualidade dos materiais que o pavimento flexível.

Com isso, é mais vantajoso o município contratar uma empresa de pavimentação asfáltica mesmo que a empresa venha de outro município, sai mais flexível para o município, já que não possui empresas de pavimentação no município de Juruti-Pará.

4.3 Manutenção dos Pavimentos

Todo pavimento tem vida útil planejada de acordo com o projeto específico para seu dimensionamento. No estudo de Ribas (2017), às manutenções realizadas nas obras com pavimento asfáltico são consideradas mais rápidas, onde a liberação do tráfego acontece logo após a conclusão do serviço, o que não acorre nas obras com pavimento de concreto que é necessário aguardar pelo tempo de cura do concreto.

Se faz preciso ter uma manutenção mais acelerada, visto não ser necessário a espera de cura que o concreto tem que aguardar, que é o pavimento rígido, diferente do flexível, que é bem mais rápido.

4.4 Comportamento dos Tipos de Pavimento

No pavimento rígido, as cargas são mais bem distribuídas nas placas de concreto, dando menor responsabilidade ao solo na distribuição. Já no pavimento flexível, as cargas não são distribuídas de maneira uniforme, mas de forma vertical, forçando totalmente o solo a trabalhar e sofrendo com deformações elásticas significativas. (RIBAS, 2017).

Sabemos que o pavimento rígido tem a vida útil superior a 20 anos, tornando-se resistente de diversas formas, já o pavimento flexível é diferente, mesmo que tenha mais empresas, máquinas, mão de obra e o processo de pavimentação seja mais rápido, ele possui vida útil de aproximadamente 10 anos, portanto, o grau comparativo dependerá de cada projeto.

4.5 Segurança

O pavimento de concreto proporciona maior velocidade de escoamento da água em comparação ao pavimento asfáltico graças à texturização, diminuindo o acúmulo de água superficial que se forma na pista nos dias chuvosos, melhorando a resistência

à derrapagem. Porém, o pavimento flexível apresenta melhor aderência das demarcações viárias em relação ao pavimento rígido, devido a sua textura rugosa. (RIBAS, 2017).

Este fator fornece, além disso, a maior segurança para o usuário ao conservar as qualidades de projeto por um tempo máxima e sem amplas alterações.

4.6 Comportamento Econômico

Com às consequências que foram exibidas na execução do trabalho, tornou-se possível identificar que o pavimento do tipo rígido induz certa vantagem em relação ao pavimento do tipo flexível em diversas características apresentadas, entretanto, para melhor avaliar qual a alternativa mais viável e compará-las economicamente, para qual seria mais viável para as futuras pavimentações das vias no município de Juruti-Pá.

De acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte DNIT (2017), em sua planilha de custos médios gerenciais, para implantação de pavimento flexível em pista simples com faixa de 3,6 m e acostamento de 2,5 m com revestimento em CAUQ (concreto asfáltico usinado a quente), com 10 cm de espessura para pista e acostamento, é necessário o custo médio de R$ 3.159.000,00 por quilômetro. Já para a implantação de pavimento rígido em pista simples com faixa de 3,6 m e acostamento de 2,5 m com revestimento em PCS pavimento de concreto simples), com espessura de 18 cm para pista e 10 cm para o acostamento, é exigido o custo médio de R$ 5.430.000,00 por quilômetro.

Entende-se que para o município ficaria mais favorável o uso de pavimentação do tipo flexível, não só pelo custo benefício, mas por diversos aspectos, pois fica evidente no comparativo que o preço médio de fundação por quilômetros do pavimento do tipo rígido com o revestimento em PCS é aproximado aos 42%, sendo mais caro que o custo médio da fundação por quilômetros do pavimento tipo flexível, com o revestimento em CAUQ.

5 ESTUDO COMPARATIVO

De uma maneira geral, a metodologia adotada com tudo que já foi visto até o presente momento neste no trabalho, existe diversas diferenças entre os pavimentos, uma das principais diferencias do pavimento do tipo rígido para o pavimento do tipo flexível é a distribuição nas chamadas camadas subjacentes.

Já que no pavimento rígido a camada de rolamento ao mesmo tempo que funciona como a estrutura, remanejando os esforços e enfraquecendo a tensão imposta

a fundação, o pavimento flexível funciona como uma camada de rolamento, e quem absorve os esforços devido ao tráfego, é a fundação.

Foram feitas diversas pesquisas, e para que futuramente as vias do município de juruti sejam pavimentadas, será necessário um grande processo, pois depende de recursos do município, que ainda é bem pequeno e não possuem empresas de pavimentação, sendo assim, tudo tem que vir de outra cidade, fazendo com que os produtos se tornem mais caros.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho foi apresentado um estudo comparativo entre pavimentação do tipo rígida e flexível, mostrando qual sistema de pavimentação era de melhor custo benefício para uma possível aplicação nas vias na cidade de Juruti-Pará.

A isso, traçamos objetivos específicos afim de dar respostas necessárias, uma análise comparativa entre as principais vantagens e desvantagem do pavimento do tipo rígido e flexível, já que uma grande desvantagens entre os dos tipos de pavimentos no Município de Juruti já é a falta das empresas nesse ramo, visto ser um déficit na cidade e, por isso, quando se pensa em fazer uma análise para pavimentar as ruas, é feito um projeto bem elaborado, principalmente dos custos em sim, já quem é necessário para fazer isso vir de outros lugares.

Com base no ampliação presente, é nítido apresentar que a pavimentação rígida tem uma vantagem superior à da pavimentação flexível, pois devido apresentar maior segurança e menor manutenção, tem vários aspectos favoráveis na pavimentação rígida e mais segura para o tráfego dos usuários relacionado a pavimentação flexível, com isso, não exigindo uma manutenção frequente das vias, mas devido o município ser pequeno, foi feito uma pesquisa bem ampla sobre o assunto debatido, e ficou bem amplo sobre qual pavimento oferece um melhor custo benefício para uma possível pavimentação nas vias da cidade.

Com isso, através deste estudo comparativo, concluímos que o flexível é de menor custo para uma possível pavimentação na cidade de Juruti, pois essa pavimentação se enquadra no melhor custo benefício para o município, já que as vias que possivelmente irão ser asfaltadas na cidade, não apresentam demanda de grande tráfego de veículos pelo simples fato de ser uma cidade pequena e de poucos veículos pesados, além disso, é de suma importância para as pessoas que residem na cidade, proporcionando uma qualidade de vida melhor, uma vez que harmonizaria os constrangimentos como poeira, já que a maioria das ruas ainda não são pavimentadas e a cidade se encontra em expansão, e a demanda pelo serviço de pavimentação tende a aumentar.

A pavimentação como um todo está relacionada a segurança, conforto e acessibilidade de seus usuários, pois todos tem o direito de ter uma qualidade de vida melhor na sociedade em si, proporcionando a população condições dignas de locomoção em vias públicas da cidade. A pavimentação de vias é realmente necessária para o desenvolvimento bem elaborado do município de Juruti, tanto nas vias urbanas quanto na rural.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. A.; SANTOS, M. J. P.; PINHEIRO, H. P.; CRUZ, Z. V. Análise Comparativa de Métodos de Pavimentação – Pavimento Rígido (concreto) x Flexível (asfalto). **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento**, v. 10, p. 187-196. Novembro de 2016. Disponível em: https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/metodos-de-pavimentacao. Acesso em 31 de março de 2021.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica –** Formação básica para engenheiros. Petrobrás/ABEDA. Rio de Janeiro, 2008**.** Disponível em: https://www.ufjf.br/pavimentacao/files/2018/03/Cap-2-Ligantes asf%c3%a1lticos.pdf, Cap-1-Introdução.pdf. Acesso em 30 de março de 2021.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte - DNIT. **Manual de Pavimentação.** 3. ed. Rio de Janeiro, 2006.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT. **Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico – Especificações de serviço – Norma DNIT 031/2006–ES.** Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2006, Disponível em:http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/normas/DNIT031_2006_ES.pdf. Acesso em 03 de abril de 2021.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte DNIT. **Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de fôrmas deslizantes – Especificações de serviço – Norma DNIT 049/2013–ES.** Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coletanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit049_2013_es.pdf. Acesso em 02 de abril de 2021.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte – DNIT. **Glossário de Termos Técnicos Rodoviários**. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: http://www.gov.br/dnit/ptbr/assuntos/planejamento-e-pesquisa/custos-e-pagamentos/custos-e-pagamentos-dnit/sistemas-de-custos/sicro/sudeste/minasgerais/2017/setembro/NotaRevisional21PesquisadePreosSetembro2017.pdf. Acesso em 12 de abril de 2021.

FILHO, J. M. M.; ROCHA, E. G. A. O estudo comparativo entre pavimentos flexível e rígido na pavimentação rodoviária. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo, v. 2, n. 6, p. 146-163, 2018.

GUIMARÂES-NETO. **Estudo Comparativo entre a Pavimentação Flexível e Rígida**. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade da Amazônia, Belém, 2011. Dispo-

nível em: https://livrozilla.com/doc/794724/estudo-comparativo-entre-a-pavimentacao-flexivel. Acesso em 04 de abril de 2021.

RIBAS, Leandro Carlos. **Custo-Benefício na Execução de Pavimentos Rígidos.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: http://tcconline.utp.br/media/tcc/2017/10/CUSTO-BENEFICIO-NA-EXECUCAO-DE-PAVIMENTOS-RIGIDOS.pdf. Acesso em 05 e 06 de abril de 2021.

CAPÍTULO 22

O USO DE EPS - POLIESTIRENO EXPANDIDO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

THE USE OF EPS – EXPANDED POLYSTYERENE IN CIVIL CONSTRUCTION

Brenda Julya da Silva Queiroz[1]
Allan Dallen Almeida de Sousa[2]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.22

1 Centro Universitário da Amazônia-UNAMA. https://orcid.org/0000-0001-7150-1636. brendajuqueiroz@gmail.com
2 Centro Universitário da Amazônia-UNAMA. https://orcid.org/ 0000-0002-4309-468X. Allandallen1@gmail.com

RESUMO

A construção civil é uma área onde em constante evolução, aonde se faz necessários investimentos tecnológicos constante, através da descoberta de novos materiais e técnicas. Buscando a redução de impactos ambientais tem levado profissionais da construção civil a analisar os processos de produção, técnicas construtivas e materiais, a presente pesquisa teve enfoque na utilização do poliestireno expandido (EPS), como um material alternativo que pode cumprir com tais necessidades. O EPS é um dos materiais de construção capaz de melhorar o design e a integridade estrutural do edifício, já sendo uma realidade na construção civil devido ao seu benefício de sustentabilidade e melhoria em termos de eficiência energética, durabilidade e qualidade ambiental interna. Este artigo tenta descrever as propriedades do EPS em termos de comportamento ao fogo, propriedades mecânicas, resistência química, absorção de água e umidade e sua toxidade para o ser humano e o meio ambiente refletindo na otimização dos recursos naturais e da utilização de novas e diversas tecnologias construtivas que possam torna uma obra mais limpa, econômica e sustentável. Sendo assim, foi possível constatar a possibilidades e a viabilidade para o uso do EPS visando o baixo impacto e a qualidade do espaço construído.

Palavras-chave: Poliestireno Expandido (EPS); Alvenaria em EPS; Técnicas construtivas.

ABSTRACT

The Civil construction is an area in constant evolution, where constant technological investment is made use of, through the discovery of new materials and techniques. Seeking to reduce environmental impacts has led the civil construction to analyze the production processes, construction techniques and materials, the present research focused on the use of expanded polystyrene (EPS), as an alternative material that can meet these needs. EPS is one of the building materials capable of improving the design and integrity of the structural building, being already a reality in civil construction due to its sustainability benefit and improvement in terms of energy efficiency, durability and internal environmental quality. This article attempts to describe the properties of EPS in terms of fire behavior, mechanical properties, chemical resistance, water and moisture absorption and its toxicity to humans and the environment, reflecting on the optimization of natural resources and the use of new and diverse constructive technologies that makes a job cleaner, more economical and sustainable. Thus, it was possible to verify the possibilities and feasibility for using the specific EPS, the low impact and the quality of the built space.

Keywords: Expanded Polystyrene (EPS); EPS masonry; Constructive techniques.

1 INTRODUÇÃO

Uma das ações humanas que mais impactam no meio ambiente é a indústria da construção e, por esse motivo, é uma das forças motriz para o atendimento de metas de desenvolvimento sustentável. (SILVA, 2003)

Nos últimos anos, tem havido um crescimento explosivo do interesse na aplicação de poliestireno expandido (EPS) para a indústria da construção. EPS no Brasil mais conhecido como Isopor, que na verdade é uma marca registrada (BERLOFA, 2009), é um material de isolamento bem estabelecido usado para várias aplicações, pois tem uma espuma leve, porém rígida, com bom isolamento térmico e alta resistência ao impacto. Além disso, possui alta capacidade de carga com baixo peso, barreira absoluta de água e vapor, estanqueidade para ambientes controlados, longa vida útil, baixa manutenção, construção rápida e econômica. A espuma em EPS é um plástico celular leve que consiste em pequenas partículas esféricas contendo cerca de 98% de ar. Esta construção de célula fechada microcelular fornece EPS com suas excelentes características de isolamento e absorção de choque.

A concepção espacial de uma edificação implica em desde o processo do projeto, construção e gestão da obra, até os resultados futuros e seus respectivos impactos gerados no ambiente.

Este artigo tem como objetivos analisar o uso do Poliestireno Expandido (EPS) na construção civil. Na busca por melhorias na indústria construtiva e por uma obra de baixo impacto ambiental, frente aos desafios atuais, otimização de custos da obra através do reuso de materiais, seja pela redução dos resíduos gerados gerando mais limpeza no campo de obra, redução e otimização do consumo de materiais e energia, pela preservação do ambiente natural e assim como em busca por melhoria da qualidade do ambiente construído.

2 PROPRIEDAE DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

2.1 Aspectos gerais do Poliestireno

O EPS tem cada casa mais se destacando como um material alternativo devido à sua versatilidade técnica, desempenho e custo-eficácia. Por poder ser utilizado em diversificadas formas nas aplicações cotidianas, e por suas características que consiste em uma espuma sólida com uma combinação única de características, como a leveza, propriedades de isolamento, durabilidade e uma excelente processabilidade. Muito conhecido no Brasil como ISOPOR®, marca registrada da Knauf Isopor Ltda. Este material foi descoberto em 1949 pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz.

O EPS é um composto por plástico celular rígido, resultante da polimerização do estireno em água, pequenos grânulos de poliestireno derivados do estireno por meio do processo de polimerização. A qualidade da espuma do EPS é afetada pela distribuição do tamanho dos grânulos. Após a polimerização, o EPS é infundido com agente de expansão para a transformação, emprega-se o pentano, um hidrocarbureto que se deteriora rapidamente pela reação fotoquímica gerada pelos raios solares, sem comprometer o meio ambiente.

Sendo sua matéria-prima é originada principalmente do petróleo e seu material é extremamente leve, considerando que é composto de 98% de ar. Expandidas, as pérolas consistem em até 98% de ar e apenas 2% de poliestireno. Em 1m³ de EPS, por exemplo, existem de 3 a 6 bilhões de células fechadas e cheias de ar. (ABRAPEX, 2000) .

A conversão do poliestireno expansível em EPS é realizada em três estágios: pré--expansão, armazenamento intermediário e moldagem. (TESSARI, 2006).

Na primeira etapa, a matéria-prima é aquecida em pré-expansores com vapor em temperatura entre 80 e 100 ° C para criar uma estrutura celular relativamente uniforme com pequenas células fechadas que retêm o ar em seu interior. De acordo com Doroudiani e Omidian, durante esse processo, o gás interno dos grânulos sofre expansão de volume que gera uma estrutura celular penetrável pelo ar. Esse processo é realizado em silos aerados durante a maturação intermediária do material. Com base na temperatura do ar, tamanho e densidade dos grânulos, o tempo de envelhecimento é calculado. Os cordões alcançam maior elasticidade mecânica e melhor capacidade de expansão.

Segunda fase o armazenamento intermediário: o armazenamento é necessário para permitir a posterior transformação do poliestireno expandido. Durante a fase de estabilização, o granulado de EPS esfria criando uma depressão no interior das células. Durante este processo o espaço dentro das células é preenchido pelo ar circundante.

E por fim a moldagem: o granulado estabilizado é colocado em moldes e novamente exposto a vapor de água. Ao serem novamente submetidas ao vapor, as pérolas comprimidas no molde voltam a inchar e soldam-se umas às outras. Na câmara de vapor, o processo de expansão pode ser interrompido por arrefecimento brusco, projetando-se jatos de água fria contra as paredes do molde, buscando uma redução no excesso de pressão, facilitando assim a retirada do produto sem perdas na forma original.

Através do processo de expansão, os grânulos pré-expandidos estabilizados são moldados e reexpostos ao vapor para ligar os grânulos. Os blocos criados usando este

processo são aprimorados em termos de estabilidade dimensional antes da separação na forma necessária, em função das vantagens oferecidas, o EPS vem tendo destaque, ainda que inexpressivo, no mercado da construção civil.

2.1.1 Comportamento ao fogo e propriedades de isolamento térmico de EPS

A espuma de poliestireno tem comportamento ao fogo semelhante à maioria dos materiais orgânicos, onde ambos são facilmente combustíveis. Assim, uma pequena quantidade (<1%) de material retardador de fogo é adicionada ao produto de isolamento de EPS para aumentar a retardação de fogo do EPS.

O comportamento ao fogo do EPS retardado ao fogo é significativamente diferente do EPS não retardado ao fogo. Quando exposto ao calor, o EPS retardado ao fogo se retrai da fonte de calor. A probabilidade de ignição do material é reduzida e faíscas de soldagem ou cigarros normalmente não o acenderão. No entanto, na indústria de construção, é obrigatório usar um tipo de EPS retardador de chamas para reduzir a inflamabilidade e a propagação da chama na superfície dos produtos de EPS. A aplicação de EPS na compartimentação ou proteção contrafogo da estrutura é restrita sem a incorporação de outro material resistente ao fogo. Este caso foi observado em estudos anteriores em que o EPS foi coberto com gesso e aço, a fim de resolver seu comportamento ao fogo. O EPS foi avaliado de acordo com EN 13501-1 e classificado como "difícil de inflamar". O teste também indicou que o EPS produziu uma produção mínima de fumaça.

2.1.2 Características

O EPS na construção civil e utilizado de formas extraordinariamente variadas, ressaltando que além de ser um bom isolante térmico e excelente em sistema construtivo, o uso do EPS vai além, como sistemas isolantes de coberturas, paredes e pavimentos, tal como em todo o tipo de obras, desde os grandes viadutos, estradas, grandes edifícios até à pequenas moradias. Recentemente, vem sendo utilizado na substituição da cerâmica da laje de concreto, sob a forma de caixão perdido e formas para concreto

Por ter baixa condutibilidade térmica, a estrutura de células fechadas, cheias de ar, dificulta a passagem do calor o que confere ao EPS um grande poder isolante e ser um material leve, as densidades do EPS variam entre os 10-30 kg/m3, proporcionando a redução significativa do peso nas aplicações que o utilizam.

2.1.3 Propriedade Mecânica

Apesar de muito leve, o EPS tem uma resistência mecânica elevada, que permite o seu emprego onde esta característica é necessária, sua alta resistên-

cia à compressão que normalmente varia de 7000kgf/m2 até 14000kgf/m2. As propriedades mecânicas mais importantes do EPS relacionam-se com as condições de manuseamento e aplicação.

Estas são a resistência à compressão, a resistência à flexão, a resistência à tração e a fluência sob compressão, esses valores da resistência estão vinculados principalmente com a massa volúmica do EPS. De uma forma em geral, os valores aumentam de uma maneira linear com a massa volúmica. Durante a compressão, o EPS porta-se de uma maneira elástica até a deformação atingir cerca 2% da espessura da placa, uma vez retirada a força que provocava a deformação, a placa recupera a espessura original.

A força de compressão aumentando, supera-se o limite de elasticidade e verifica-se uma deformação permanente de parte das células que, no entanto, não se rompem. Nessas aplicações do EPS, deve-se escolher a massa volúmica para que se obtenham valores de compressão inferiores a 1% em longo prazo.

2.1.4 Comportamento Biológico

O EPS não e um material higroscópico, quando imerso em água ele absorve apenas pequenas quantidades de água, esta propriedade permite que o EPS mantenha as suas características térmicas e mecânicas mesmo sob a ação da umidade. O EPS não apresenta ascensão capilar.

O EPS não apodrece nem ganha bolor, além de não é solúvel em água nem liberta substancias para o ambiente. Até o momento, não foi observado qualquer efeito prejudicial para a saúde. Por não constitui substrato ou alimento para o desenvolvimento de animais ou microrganismos. Porém de grande acumulação de sujidade sobre uma placa, poderão surgir bolores que, no entanto, não afetarão o EPS. Além de ocasionalmente pode vim ser atacado por roedores ou outros animais. Desta forma sempre é necessário prever revestimentos que impeçam o acesso desses animais as placas de EPS.

2.2 Poliestireno Expandido na Construção Civil

Os principais usos do EPS tanto no mercado é na área da construção civil, uso de embalagem e outros que variam desde cenário para teatro, até produtos náuticos e peças de decoração, sendo o mercado da construção civil, o mais evidente. São diversos os usos do Poliestireno expandido na construção civil, inclusive em obras de estruturas grandes, como estradas e ferrovias. A espuma rígida de EPS é comprovadamente um material isolante que pode suportar variações de temperaturas de -50º a +80º Celsius, sendo assim um material isolante, capaz de suportar variações de temperaturas (COMISSÃO SETORIAL DE EPS, 2007).

Ainda conforme a Comissão Setorial de EPS (2007), o material tem variações de usos dentro do mercado da construção civil, desde sistemas construtivos como Wall System, que é um sistema construtivo composto por estrutura metálica e painel sanduíche de lâminas em compósitos reforçados com fibra de vidro e núcleo em EPS e gesso rígido, Geofoam, solução geotécnica para estabilização de solos moles com blocos de EPS (Poliestireno Expandido), até sua utilização em Lajes, isolantes térmicos, molduras e fôrmas.

Dentre as possibilidades no uso do EPS, observou-se que em todo o mundo, a mais utilizada ainda tem sido a produção de painéis de vedação e divisórias. Isso ocorre em função das propriedades de isolamento termo acústico

O uso do EPS na construção civil, e vastamente amplo, conforme podemos analisar com as NBR's abaixo.

NBR 11752 – Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e câmaras frigoríficas.
NBR 7973 – Determinação de absorção d'água – Método de ensaio
NBR 8081 – Permeabilidade ao vapor d'água – Método de ensaio
NBR 8082 – Resistência à compressão – Método de ensaio
NBR 10411 – inspeção e amostragem de isolantes térmicos–Procedimento
NBR 11948 – Ensaio de flamabilidade – Método de ensaio
NBR 11949 – Determinação de massa específica aparente – Método de ensaio
NBR 12094 – Determinação da condutividade térmica – Método de ensaio.

2.3 Meio ambiente

O EPS antigamente apresentava problemas na questão ambiental quando se usava o cloroflúorcarbono (CFC-11) como agente de expansão. Assim que comprovado que os hidrocarbonetos fluorados causavam danos à camada de ozônio da atmosfera, os produtores passaram a usar agentes de expansão alternativos. Mais de 90% dos produtores utilizam o gás carbônico (dióxido de carbono) como agente de expansão. Tendo diversas discussões sobre o impacto, no meio ambiente, das embalagens e dos descartáveis de PS, tanto na sua produção quanto no seu descarte (Montenegro e Serfaty, 2003).

O EPS quimicamente consiste de dois elementos, o carbono e o hidrogênio, além de não conter qualquer produto tóxico ou perigoso para o ambiente ou para a camada de ozônio. O gás contido nas células é o ar. Cabe ainda ressaltar as características ecológicas do EPS: além de ser 100% reciclável e re-aproveitável, sua queima gera apenas gás carbônico e vapor de água, e quando depositado em aterros sanitários permanece inerte e não contamina o solo ou lençóis freáticos. Porém ocupa muito espaço nos ater-

ros sanitários devido ao seu baixo peso específico (CATEP Arquitetura e Publicidade S/C Ltda).

Dentre as poucas formas de reciclagem de EPS publicadas, uma delas é aproveitar o EPS para substituir os agregados graúdos na fabricação de concreto leve (mistura de cimento, areia, cola e EPS). Outra maneira é o aproveitamento no processo de compostagem: Após sua moagem pode ser aproveitado na aeração de solo, já que facilita a retenção de umidade e mantém a temperatura do mesmo. O EPS por ser composto por 98% de ar e apenas 2% de polímero o que o torna economicamente inviável para a reciclagem.

3 METODOLOGIA

Utilizando o método a coleta de dados através de referências bibliográficas, teses, publicações científicas e artigos relacionados ao Poliestireno Expansível – EPS na construção civil e das utilizações deste material no mercado, tendo como objetivo analisar a sistematização das vantagens e possibilidades de uso do material na produção de edificações.

A necessidade de um método de desenvolvimento sustentável na indústria da construção civil, no atenda desde pequenas habitações à grandes edificios, alinhando questões ambientais e gerando redução de impactos ambientais tem chamado atenção dos profissionais da construção civil a analisar os processos de produção, técnicas construtivas e materiais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos estudos nota-se que alguns dos fatores mais importantes no uso do EPS na construção civil e pela sua variedade de utilização em uma obra, podendo ser usado em diversas fases da construção como em fundação para estradas, formas para lajes, isolamento térmico, etc.

O EPS podendo ainda ser utilizado como concreto leve, que substitui a pedra britada por flocos do poliestireno expandido e que pode ser usado em locais que não haja necessidade de resistência a grandes esforços, essa reciclagem pode ser feita no próprio canteiro de obras. Sua trabalhabilidade vinculada ao baixo peso específico o torna um material de grande aceitação por parte dos trabalhadores oferecendo uma facilidade no transporte, manuseio e instalação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise dos resultados obtidos pelas pesquisas concluímos que, fica claro após as pesquisas realizadas que o poliestireno expandido vem se destacando no

mercado, por ser um material de fácil trabalhabilidade, onde possibilita uma rápida construção, com menos desperdícios de materiais, o que proporciona uma economia a obra, sua utilização na construção civil são bem variáveis, podendo ser desde isolamento térmico ou acústico até a aplicação de lajes nervuradas ou em fundações para construções de estradas.

Sendo cada vez mais conveniente construção civil, pois além de ser um material economicamente viável, não é alvo de fungos, bactérias e insetos, com isso como podemos ver que as vantagens técnicas, econômicas e ambientais são significativas e a utilização do EPS sendo considerada uma alternativa em diversas etapas da obra.

REFERÊNCIAS

ABRAPEX. O que é eps. Disponível em: http://www.abrapex.com.br/01OqueeEPS.html>. Acesso em: 22 maio 2021.

BERLOFA, A. A viabilidade do uso do poliestireno expandido na indústria da construção civil. São Paulo, 2009.

CATEP ARQUITETURA E PUBLICIDADE S/C LTDA. Disponível em:

http://www.catep.com.br. Acesso em: 22 maio 2021

COMISSÃO SETORIAL DO EPS. O que é eps?. Disponível em:

<http://www.epsbrasil.eco.br/eps/index.html>. Acesso em: 22 maio 2021

COMISSÃO SETORIAL DO EPS. Uso de eps na construção de creches e escolas. Disponível em: <http://www.epsbrasil.eco.br/noticia/view/20/uso-deeps-na-construcao-de-creches-e-escolas.html>. Acesso em: 22 maio 2021

DOROUDIANI,S.; OMIDIAN,H. (2010) Environmental, health and safety concerns of decorative mouldings made of expanded polystyrene in buildings. Building and Environment, Vol. 45,pp. 647 -654

MONTENEGRO, RICARDO SÁ PEIXOTO & SERFATY, MOYSÉS ELIAS. Aspectos Gerais do Poliestireno. BNDES. Disponível em http://www.bndes.gov.br. Acesso em: 22 maio 2021

PAIVA, E. A utilização do eps na construção civil. Mossoró, 2011. Disponível em: <http://ebiblio.ufersa.edu.br/Download/22650.pdf>. Acesso em: 22 maio 2021

SANTOS, R. Estudo térmico e de materiais de um compósito a base de gesso e eps para construção de casas populares. Natal, 2008. Disponível em: <ftp://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/bdtd/ReginaldoDS.pdf>. Acesso em: 22 maio 2021.

SILVA, V. G - Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica. 2003.Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.”

TESSARI, J. - Utilização de poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil (2006)”

CAPÍTULO 23

ANALISE COMPARATIVA ENTRE ARGAMASSA POLIMÉRICA E ARGAMASSA CONVENCIONAL EM ASSENTAMENTO DE BLOCOS CERÂMICOS

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN POLYMERIC MORTAR AND CONVENTIONAL MORTAR IN SETTING CERAMIC BLOCKS

Allan Dállen Almeida de Sousa[1]
André Lucas Souza Freitas[2]
Carlos Ricardo Dezincourt[3]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.23

1 Universidade da Amazônia. https://orcid.org/0000-0002-4309-468X. allandallen1@gmail.com
2 Universidade da Amazônia. https://orcid.org/0000-0003-3965-1970. anndreelucas@icloud.com
3 Universidade da Amazônia. https://orcid.org/0000-0003-2447-4166. ricotdma@yahoo.com.br

RESUMO

O presente trabalho visa comparar o uso de argamassa polimérica não cimentícia com o de argamassa convencional, buscando mapear a vantagens em um edifício de grande porte. Para isso visitou-se o local da obra e coletou-se dados referentes utilização das duas argamassas. Notou-se que a argamassa pronta apresenta diferença significativas quanto ao tempo de chegada no local de uso, a não necessidade de preparação e espaço ocupado no canteiro de obra. Desta forma, a argamassa polimérica mostrou-se extremamente vantajosa, uma vez que proporciona maior produtividade, ganho de espaço no canteiro e outros benefícios como limpeza, peso reduzido e praticidade no uso quando compara a argamassa convencional.

Palavras-chaves: argamassa polimérica, argamassa convencional, produtividade

ABSTRACT

The present work aims to compare the use of non-cementitious polymeric mortar with that of conventional mortar, seeking to map the advantages in a large size. For this purpose, the construction site was visited and data regarding the use of the two mortars were collected. It was noted that the mortar ready presents significant differences regarding the time of arrival at the place of use, the lack of preparation and the space occupied at the construction site. Thus, the polymeric mortar proved to be extremely advantageous, since it provides greater productivity, gain of space in the construction site and other benefits such as cleaning, reduced weight and practicality in use when comparing the conventional mortar.

Keywords: polymeric mortar, conventional mortar, productivity

1 INTRODUÇÃO

Torna-se cada vez mais comum o surgimento de novas técnicas e tecnologias que visam melhorias nos mais diversos setores de produção de bens e serviços. Na construção civil tem-se cada vez mais opções de técnicas, matérias, equipamentos e métodos para se construir. Cabe, no entanto, analisar-se as vantagens e desvantagens da implantação de um novo método em relação as demais opções.

O material mais utilizado na construção civil é o cimento Portland, dele deriva outros materiais como concreto e argamassas para fins distintos. Uma das utilizações da argamassa é o assentamento de blocos cerâmicos para alvenaria de vedação. A mesma é obtida através da mistura do cimento Portland, areia e água. No entanto, com o avanço tecnológico surgiu a argamassa polimérica, a mesma trata-se de um produto que não contém em sua composição cimento nem areia, mas é composta por resinas

sintéticas, cargas minerais e outros aditivos. Além disso é comercializada pronta para o uso.

Em um cenário de concorrência é cada vez mais acirrada torna-se necessário, para obter-se sucesso nos empreendimentos, ser cada vez mais ágil e econômico. Para tanto é preciso estar atento as novas oportunidades de uso de novas tecnologias que proporcionem redução de custos com mão de obra, aumento de produtividade, redução de perdas de materiais entre outros. A argamassa polimérica tem se apresentado como alternativa viável para melhorias no levantamento de alvenaria.

Nesse sentido presente trabalho propõe-se apresentar as principais vantagens e desvantagens da argamassa polimérica não cimentícia para assentamento de blocos cerâmicos quando comparada com a argamassa convencional. A pesquisa que servirá de base para elaboração deste trabalho será realizada na cidade de Santarém-PA em um edifício de múltiplos pavimentos.

Para esta análise considerou-se itens como produtividade, mão de obra envolvida, desperdício de matérias, armazenamento e sustentabilidade em uma obra de múltiplos pavimentos na cidade de Santarém-PA. Para isso utilizou-se dados fornecidos pela empresa construtora relativos aos itens acima citados bem como observações no local do estudo afim de constatar-se distinções entre o uso dos tipos de argamassa que se caracterizem como vantagens ou desvantagens relativas.

Ao se utilizar argamassa polimérica em substituição à argamassa convencional há ganho de produtividade, redução de mão de obra necessária, redução de perdas de materiais, redução de uso de espaço para armazenamento. Tornando assim o assentamento da alvenaria de vedação mais ágil e econômico.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Alvenaria de vedação

A NBR 8545 – Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos (ABNT, 1984), prever os critérios para o levantamento de alvenaria. Em seu texto a norma fala sobre a argamassa de assentamento.

Item 4.5 da NBR 8545 (Argamassa de assentamento).

> "4.5.1 Deve ser plástica e ter consistência para suportar o peso dos tijolos a mantê-los no alinhamento por ocasião do assentamento.
>
> 4.5.2 Para se evitar a perda da plasticidade a consistência da argamassa, a mesma deve ser preparada em quantidade adequada a sua utilização.
>
> 4.5.3 Em case de distância longas de transporte pode-se misturar a seco os materiais da argamassa, adicionando-se água somente no local do emprego da argamassa.

> 4.5.4 O traço deve ser escolhido em função das características dos materiais disponíveis na região.
>
> 4.5.5 OS materiais constituintes da argamassa e seus respectivos armazenamentos, bem coma a dosagem, preparação e aplicação da mesma, devem estar de acordo com as normas especificas.
>
> 4.5.6 Para paredes externas não revestidas e/ou paredes em contato com umidade, a argamassa deve também ser impermeável e insolúvel em água."

Nota-se que a norma se refere a argamassa convencional apensar de não fala especificamente. Isso se deve ao fato de a argamassa convenciona ser uma tecnologia relativamente nova no mercado. A norma prevê ainda no item 5.1 a espessura máxima de 10mm para junta de assentamento, não podendo haver vazios.

Nos itens acima nota-se que diversos cuidados precisam ser tomados a fim de manter a plasticidade da argamassa como a adição de água, pois caso ocorra a perda da plasticidade da mesma esta deve ser descartada, caracterizando assim um desperdício.

Os blocos cerâmicos referidos pela NBR 8545 são àqueles regulamentados pela NBR 15270 - Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 1: Requisitos (ABNT, 2017), porém a fabricação de blocos cerâmicos muitas vezes apresente irregularidade o que pode significar uma dificuldade no momento do assentamento desses blocos com uma junta fina de argamassa.

2.2 Argamassas

A argamassa é convencionalmente obtida a partir do uso do cimento Portland. Feita com da mistura deste com água, areia e, em alguns casos, aditivos. Sua utilização varia, sendo usada para revestimento de alvenaria, pisos, assentamento de blocos cerâmicos e outras, variando de igual forma e quantidade de cada ingrediente e suas características. Dessa forma seu uso representa parcela significativa do orçamento de uma obra. Segundo Felipe (2015) o custo chega a 6% do orçamento e sua carga a um quarto do peso total do edifício.

2.3 Argamassa convencional

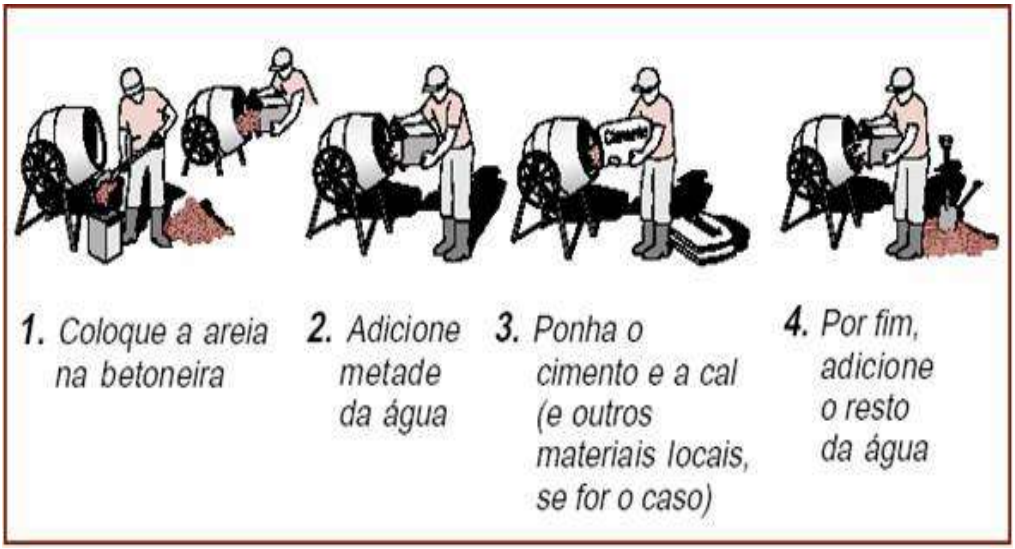
A argamassa de uso convencional é aquela obtida a parti da mistura de água, areia e cimento Portland. A maioria das construções, principalmente aquelas de pequeno e médio porte adotam seu uso e sua fabricação é feita no local da obra. De acordo com Felipe (2015) os custos relacionados à mão-de-obra empregada na aplicação da argamassa convencional representam 30% do custo total da edificação.

Em um mercado cada vez mais competitivo onde busca-se a redução de custo e de tempo na execução de obras o uso da argamassa é visto como uma possibilidade de ser mais econômico e mais produtivo caso seu uso seja otimizado.

Quanto aos materiais utilizados para argamassa convencional tem-se em primeiro lugar a areia. A areia utilizada nesse processo é geralmente retirada do leito dos rios e que causam um enorme impacto ao meio ambiente pois geram desmoronamento nos rios. Outro ingrediente é o cimento Portland que para sua obtenção é necessário a desidratação do cálcio, nesse processo há significativa liberação de gás carbônico na atmosfera. Com isto nota-se que o uso deste material não é sustentável do ponto de vista ambiental.

A utilização deste tipo de argamassa impacta diretamente o andamento da construção de um edifico uma vez que o funcionamento de diversas atividades depende diretamente da central de argamassa, local aonde é feita mistura, para seu funcionamento. Equipes como por exemplo de reboco, piso, assentamento de alvenaria necessitam da chegada da argamassa para iniciarem suas atividades. Além disso o uso da argamassa convencional requer significativo espaço para armazenamento dos materiais e de mão-de-obra para seu preparo. A figura 01 abaixo apresenta o modo de preparo dessa argamassa.

Figura 1 - Preparo da argamassa convencional.



Fonte: Cimento.org

Entre cada etapa mostrada na figura é necessária a espera para que haja a mistura dos materiais, além disso é preciso a presença de um ajudante para manuseio dos materiais. A isto, soma-se ainda o tempo para transporte da argamassa até o local de aplicação, o que no caso de edifício de múltiplos pavimentos acontece através de um elevador.

A aplicação da argamassa convencional para alvenaria de vedação dar-se adicionando uma canada horizontal e uma entre os blocos de forma vertical. A espessura varia entre 7 à 13 mm. A imagem 01 abaixo ilustra como se dar esse trabalho.

Imagem 1 - Assentamento de blocos cerâmicos com argamassa convencional.

Fonte: BlogPraConstruir.

A construção civil é responsável por grande parte dos entulhos produzidos em uma cidade. A maior parte desses é comporto por argamassas. Isso aponta para o desperdício que ocorre durante a aplicação da mesma. Segundo Camargo (1995), a composição do entulho que sai dos canteiros é composta de 64% de argamassas e de 30% componentes de vedação de tijolos e blocos. Há, portanto, uma necessidade não apenas de se reduzir custo, mas também de reduzir perdas e aumentar a produção.

2.4 Argamassa polimérica

Apesar de os avanços tecnológicos na construção civil ocorrem mais lentamente que nos demais setores temos inovações que surgem a partir de pesquisas e estudos. Essas têm como objetivo suprir necessidades e otimizar processos no ato da construção.

A argamassa polimérica surge como uma inovação tecnológica. Trata-se de um produto para assentamento de blocos cerâmicos e que não necessita de adição de água, pois já é comercializado pronto para o uso. Sua composição pode ser diferente dependendo do fabricante, porém em sua base encontra-se geralmente resinas sintéticas, cargas minerais e diversos aditivos com espessantes e estabilizantes, resultando em diferentes desempenhos mecânicos e durabilidade.

A norma responsável pela regulamentação desse produto é a NBR 16590 - Composto polimérico para assentamento em alvenaria de vedação - Parte 2: Métodos de ensaio (ABNT, 2017).

As argamassas industrializadas, segundo a NBR 13529 (ABNT, 2013), são aquelas provenientes da mistura controlada, em instalações próprias, de aglomerantes, agregados, e, eventualmente, aditivos, em estado seco e homogêneo, compondo uma mistura seca à qual o usuário somente adiciona a quantidade de água requerida para proceder a mistura.

Segundo Felipe (2015) o uso desse produto exclui a necessidade da mão-de-obra necessária para o preparo da argamassa pois esta já é encaminhada ao local de utilização pronta para aplicação. Isso garante melhorias na produtividade uma vez que o setor de alvenaria não depende mais da central de argamassa. Reduz-se também significativamente a necessidade de ajudantes para equipe de alvenaria, pois a argamassa polimérica não deixa o local tão sujo quanto a argamassa convencional e não precisa de pessoal para seu preparo no local de aplicação. Nota-se, portanto, que o uso desse produto apresenta melhorias referentes a produtividade, redução de mão-de-obra empregada e desperdício de materiais

A aplicação desse produto para assentamento de blocos cerâmicos dar-se através de uma bisnaga. Aplica-se dois fios da argamassa sobre a fiada de tijolos e assenta-se a próxima fiada. A imagem 02 abaixo apresenta como é feita essa aplicação.

Imagem 2 - Aplicação da argamassa polimérica no assentamento de blocos cerâmicos

Fonte: MF Rural

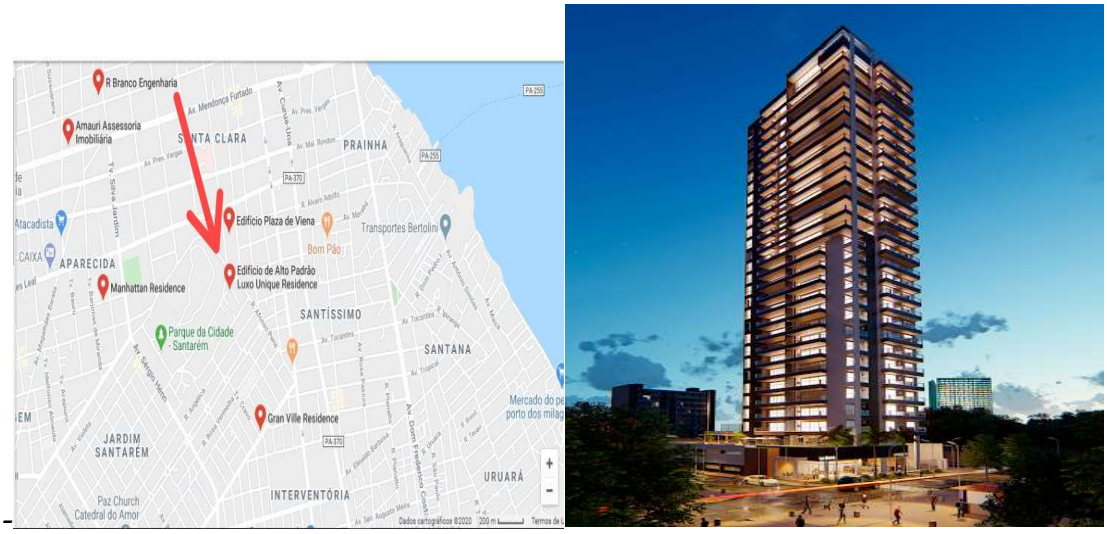
Na figura acima é possível notar que aplicação desse produto é simples e se trata de pouco material. Além disso percebe-se que o processo não produz resíduo.

3 METODOLOGIA

A realização da pesquisa deu-se através da análise de dados fornecidos pela empresa construtora relativas a levantamento de alvenaria de vedação do edifício de múltiplos pavimentos. Através dos dados obtidos e observações feitas no local da obra foram analisadas produtividade, perda de material, armazenamento, mão de obra empregada e emprego de recursos de forma geral. Assim foi possível comparar o procedimento de utilização das duas argamassas e identificar suas principais diferenças.

O edifício Unique Residence fica localizado na rua Alameda Um, N° 10, bairro Aeroporto Velho, Santarém-PA. A Figura 02 mostra a localização do edifício e a fachada do edifício.

Figura 2 - Localização e fechada do edifício Unique Residence.



Fonte: Google Maps (2021) e R. Branco Engenharia (2021)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O edifício utilizado para coleta de dados possui dois principais tipo de layouts de apartamento, sendo o tipo 1 e o tipo 2, com um apartamento por andar e dois apartamentos por andar, respectivamente. A figura 03 abaixo apresenta o layout dos pavimentos tipo 1 fornecido pela empresa

Figura 3 - layout dos apartamentos dos pavimentos tipo 1.

Fonte: RBranco Engenharia (2021)

A marcação e levamento da alvenaria de cada pavimento do tipo acima apresentado e dos pavimentos tipo 2 foram realizados por uma equipe composta por 1 colaborados, sendo 1 encarregado, 8 pedreiros e 3 ajudantes.

4.1 Armazenamento

O edifício aonde se realizou o estudo quando concluído terá 32 pavimentos e 132m de altura, sendo assim o mais alto da cidade. Uma das grandes dificuldades encontradas em um empreendimento deste porte é armazenagem de material, pois espaço no canteiro é limitado e o volume de insumos é elevado. Assim, a argamassa polimérica mostrou-se extremamente vantajosa, uma vez que exige um pequeno espaço para seu armazenamento, já os matérias utilizados exigem uma área maior. A imagem 03 abaixo, mostra o espaço ocupado pelos agregados utilizados na argamassa convencional.

Imagem 3 - deposito dos agregados

Fonte: própria dos autores

Cada um dos três compartimentos vistos na imagem acima mede 5,10m por 2,5m, ou seja, uma área total de 38,25 m². Além disso, tem-se ainda o depósito de cimento que divide espaço com a argamassa polimérica e são guardados em um local fechado, longe dos intemperes. A imagem 04 abaixo mostra o estoque de cimento Portland.

Imagem 4 - deposito de cimento Portland para o preparo de argamassas

Fonte: própria dos autores

Está sala tem dimensões semelhantes às dos espaços para agregado, medindo 6,40m por 2,5m uma área de 16m², somando-se a área dos demais componentes da argamassa, tem-se um valor de 54,25m². Este é um valor aproximado, pois do espaço utilizados para o cimento usa-se uma pequena parte para os baldes de argamassa polimérica de aproximadamente 2,5m por 2,5m, uma área de 6,25m². Isso significa que a argamassa polimérica ocupa apenas 13,02% da área utilizada para armazenas os componentes necessários para obtenção da argamassa convencional.

Mesmo o setor de alvenaria não dependendo da argamassa do tipo convencional, nota-se que o espaço ocupado por ela é significativo, que seria ainda maior se não fosse a utilização da argamassa polimérica para o assentamento dos blocos cerâmicos. A imagem 05 abaixo mostra o espaço ocupado pela argamassa pronta.

Imagem 5 - Argamassa pronta

Fonte: uBeton

Nota-se a enorme diferença de espaço ocupado entre os baldes de argamassa pronta e os componentes para argamassa polimérica.

4.2 Produtividade

Outro grande desafio encontrado em uma edificação de múltiplos pavimentos e a produtividade, pois isto pode determinar a rentabilidade do empreendimento. Para produção de argamassa para o edifício em estudo, dispõe-se de apenas uma central de argamassa com 2 betoneiras e 1 operador com 1 ajudante. A Imagem 06 abaixo mostra a central de argamassa.

Imagem 6 - central de argamassa

Fonte:

Para preparação de um traço seguindo-se as recomendações técnicas leva-se me média 15 min. Além do tempo de preparação de cada traço, some-se o transporte vertical que é realizado em jericas. Cada traço é capaz de encher duas jericas e cada elevador é capaz de transportar 3 jericas cheias. Considerando-se que a central de argamassa começa funcionar juntamente com as demais atividades, logo os setores que dependem de argamassa precisam aguardar até a chegada de material, atrasando assim as atividades pela sobrecarga da central de argamassa e prejudicado a produtividade. O uso da argamassa pronta, no entanto, alivia a central de argamassa, possibilitando o início das atividades de assentamento de alvenaria sem demoras e a chegada de argamassa convencional para outros setores como piso e reboco com maior rapidez.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para além das vantagens acima citadas da argamassa pronta em relação a argamassa convencional foi possível compreender que se trata de um produto limpo, que gera pouco resíduo e pouco desperdício, possui menor peso reduzindo assim a carga da estrutura. Em uma estrutura de grande porte, portanto, há diversas vantagens a utilização de argamassa pronta, uma vez que aumenta a produtividade, não ocupa espaço significativo no canteiro e é de fácil transporte até o local de uso, não necessitando de nenhum outro procedimento para sua utilização.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8545 - Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos – Procedimento. Rio de Janeiro. ABNT. 1984.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270 - Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro. ABNT. 2017.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16590 - Composto polimérico para assentamento em alvenaria de vedação Parte 2: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro. ABNT. 2017.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13529 - Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia. Rio de Janeiro. ABNT. 2013.

BRANCO, Felipe Rodrigues. Uso de Argamassa Pronta Não-cimentícia para Assentamento de Alvenaria em um Edifício na Cidade de Santarém-PA. Universidade Federal do Pará. Belém. 2015. Disponível em: http://ppcs.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2015/felipe.pdf. Acesso em: 20 abr. 2021.

CAMARGO, A. Minas de entulho. Revista de Tecnologia da Construção – Téchne, ano 3, nº 15, p. 15-19, 1995.

CAPÍTULO 24

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL - RCC

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Cássia Bruna Torres Speck[1]
Marlyson José Silveira Borges[2]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.24

1 Centro Universitário da Amazônia-UNAMA. https://orcid.org/0000-0002-1197-8798. cassiaspeck@outlook.com
2 Centro Universitário da Amazônia-UNAMA. silveira-borges@hotmail.com

RESUMO

O setor de construção civil é um grande gerador de Resíduos de Construção Civil (RCC) devido à capacidade de mudança da paisagem, alto consumo de recursos naturais e a grande geração de resíduos, a construção civil configura-se como uma atividade potencialmente degradante ao meio ambiente. Tendo como aliada a gestão dos resíduos, fundamental para assegurar práticas mais sustentáveis, ações, quando executadas amplamente por empresas do setor, promovem a minimização substancial dos impactos ambientais que a disposição inadequada dos resíduos gera impactos negativos ao meio ambiente. Neste prisma, o trabalho busca apresentar, assuntos relacionados à gestão de resíduos de construção de modo a estabelecer um referencial teórico como etapas que devem ser contempladas no gerenciamento dos RCC além de políticas públicas para auxiliar gestores a criar estruturas capazes de proporcionar uma gestão eficaz, minimizando os impactos dos resíduos no meio ambiente. Neste presente artigo são apresentados os resultados das análises Identificado na literatura, assim como os processos de gerenciamento utilizados, bem como verificar o que preconiza a legislação. Sendo realizado metodologia exploratória descritiva, a partir de pesquisa bibliográfica e documental.

Palavras-chave: Construção civil, Sistema de Gerenciamento de Resíduos e Gestão ambiental.

ABSTRACT

The civil construction sector is a major generator of Civil Construction Waste (RCC) due to the ability to change the landscape, high consumption of natural resources and the large generation of waste, civil construction is configured as a potentially degrading activity to the environment. environment . Having waste management as an ally, essential to ensure more sustainable practices, actions, when widely implemented by companies in the sector, promote the substantial minimization of environmental impacts that the inadequate disposal of waste generates impacts on the environment. In this light, the work seeks to present, issues related to the management of construction waste in order to establish a theoretical framework as steps that should be considered in the management of RCC in addition to public policies to assist managers in creating structures capable of providing effective management, minimizing the impacts of waste on the environment. In this article, the main results of the analyzes are identified in the literature, as well as the management processes used, as well as verifying what the legislation recommends. Being carried out descriptive exploratory methodology, from bibliographical and documentary research.

Keywords: Civil construction, Waste Management System and Environmental Management.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil e uma área que contribui significativamente para o crescimento econômico do país, gerando renda, comercialização de insumos, equipamentos, empregos e serviços em seu processo produtivo. Assim como, por outro lado o esgotamento de recursos, poluição ambiental, tendo vários países a se concentrar em questões ambientais na indústria arquitetônica, a investir muito tempo e capital para construir sistemas de construção ambientalmente sustentáveis. O grande desafio do século XXI será, sem dúvida, conciliar desenvolvimento econômico e preservação ambiental, ou seja, compatibilizar atividade produtiva com conceito de desenvolvimento sustentável (KARPINSK et al., 2009).

Há quatro impactos negativos principais sobre o meio ambiente, desde a fase de concepção até a fase de construção de um projeto de engenharia arquitetônica, são eles: ruído de construção, poluição do ar, poeira no local, resíduos de construção. Dentre esses impactos, o desperdício de construção é percebido pelos pesquisadores como o mais naturalmente destrutivo ao longo de todo o projeto de engenharia e mais soluções, diminuindo o desperdício de material ou reciclando.

A pratica de gerenciamento adequado dos RCCs ainda encontra obstáculos pelo desconhecimento da natureza dos resíduos e pela ausência de cultura de separação, entre outros. Dessa forma, conhecer e diagnosticar os resíduos gerados possibilitará o melhor encaminhamento para o plano de gestão e o gerenciamento dos RCCs (BRASIL, 2012).

Tendo conhecimento como grande geradora de impactos ambientais, tanto pelo consumo de recursos naturais, modificação da paisagem ou geração de resíduos. No âmbito governamental, objetivando minimizar os impactos ao meio ambiente, houve, de forma específica, o estabelecimento de um regulamento antes mesmo de uma política pública geral para a gestão dos resíduos no país, a resolução CONAMA n. º 307, (BRASIL, 2002).

Até os anos 50, a natureza era vista somente como um pano de fundo para toda discussão que envolvesse a atividade humana e suas relações com o meio. Acreditava-se que a natureza existia para ser compreendida, explorada e catalogada, desde que fosse utilizada em benefício da humanidade (SCHENINI et al, 2004) .

Conforme estes autores, os movimentos sociais que se iniciaram nos anos 70 representaram um marco na humanidade e em particular para a formação de uma consciência preservacionista fundamentada, naquele momento, nos princípios da harmonia com a natureza, discussões com essa temática ganharam tanta intensidade que em 1972 a Organização das Nações Unidas (ONU) promoveu uma Conferência sobre Ambiente Humano que ficou conhecida como Conferência de Estocolmo. Como resultado deste evento, foi criado o Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas – UNEP, encarregado de monitorar o avanço dos problemas ambientais no mundo (SANTOS, 2005).

Tendo como preocupação mundial o esgotamento de recursos e poluição ambiental séria, diversos países se preocupam cada vez mais com questões ambientais na indústria da construção, a investir muito tempo e capital para construir sistemas de construção ambientalmente sustentáveis e, além de ter um desejo excepcional por métodos de avaliação ambiental e tecnologia para desenvolvimento prático na construção, benéfico a sociedade e o meio ambiente. Como justificativa acadêmica, este estudo possa contribuiu com discussões teóricas e práticas sobre o tema gerenciamento de resíduos na construção civil.

2 RESÍDUOS

2.1 Aspectos gerais aos resíduos da construção civil

Os RCCs foram inicialmente definidos na legislação brasileira como o conjunto dos produtos não aproveitados das atividades humanas nas atividades de implantação e transformação dos bens de consumo na construção civil (BRASIL, 2002). Posteriormente, o art. 13, inciso I, h da Lei n. º 12.305/2010 (BRASIL, 2010), ao estabelecer uma classificação para os vários tipos de resíduos também definiu estes como "os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluindo-se os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis".

O diagnóstico de geração de resíduos oriundos da construção civil nas cidades brasileiras necessita de estimativas da área construída, de quantificação de volumes por empresas coletoras, do monitoramento de descargas nas áreas de disposição final dos resíduos de construção civil, permitindo, assim, uma quantificação confiável, que pode ser utilizada em todo município que possui cadastro de construções licenciadas (PINTO, 2005).

Os RCCs normalmente são denominados de "entulhos" e, em termos técnicos, são todo o resíduo de material usado na realização de obras em atividades de construção civil, sendo oriundos das etapas de infraestrutura, demolições, reformas, restaura-

ções, reparos e construções novas, ou seja, é todo o conjunto de fragmentos ou restos de pedregulhos, areias, materiais cerâmicos, argamassa, aço e madeira (JOHN, 2010).

De acordo com Souza (2004) as discussões sobre as questões ambientais têm ganhado conotação no cenário nacional, uma vez que desperdiçar materiais, seja na forma de resíduo (mais comumente denominado entulho de construção) ou sob outra natureza, significa desperdiçar recursos naturais, o que coloca a indústria da construção civil no centro das discussões na busca pelo desenvolvimento sustentável nas suas diversas dimensões (SOUZA, et al. 2004).

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESIDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Existem dois tipos de classificação de entulhos resultantes das obras. Uma, da Resolução 307/2002 e suas variações, que organiza os resíduos da construção civil de acordo com sua composição em classes A, B, C e D. Outra, da norma ABNT NBR 10004:2004, que separa os materiais de acordo com a sua periculosidade em classes I, II, II A e II B.

2.2.1. NBR 10.004

A ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas é o órgão responsável pela normalização técnica no país. Sendo assim, ela é responsável pela criação das normas brasileiras sobre os mais diferentes temas.

A NBR 10.004 dá a classificação da periculosidade dos resíduos sólidos, também pode ser perigoso se estiver no Anexo A ou B desta NBR 10.004 ou se apresentar pelo menos uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxidade ou patogenicidade (ABNT, 2004).

- Classe I: materiais que sejam perigosos, inflamáveis, corrosivos, reativos, tóxicos, patogênicos ou que constem nos anexos A ou B da norma.
- Classe II: entulhos que não se enquadram na classe I, no entanto que podem ser combustíveis, biodegradáveis, solúveis em água e cujos códigos constam no anexo H da norma.
- Classe II A: materiais não perigosos ou fixos, com propriedades biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
- Classe II B: entulhos que, quando amostrados de forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Imagem 1 - Organograma ABNT NBR 10.004.

Fonte: Google

2.2.2 Resoluções 307 do CONAMA

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, preocupado com o aumento da disposição de resíduos da construção em locais inadequados, publicou em 5 de julho de 2002 uma Resolução que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, além de disciplinar as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais: a Resolução n°307, no art. 2o, inciso I, classifica os resíduos da construção civil:

> I – Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras da construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados entulhos de obras, caliça ou metralha (BRASIL, 2002).

Entrando em vigor em 02 de janeiro de 2003 na Resolução 307 são encontradas várias definições de termos relacionados à gestão de resíduos da construção, além de estabelecer uma classificação para estes resíduos, a saber:

Classe A: resíduos que podem ser reutilizados ou reciclados como agregados. Ex.: argamassa, concreto, blocos pré-moldados, tijolos, telhas, solos devido à terraplanagem, entre outros (BRASIL, 2002).

Classe B: resíduos que podem ser reciclados para outras destinações. Ex.: papel, plástico, metal, vidro, madeira e gesso (BRASIL, 2002). Na Figura 5, o gesso não está na

Classe B, porém a partir de 24 de maio de 2011, o material foi adicionado nesta classe pela Resolução CONAMA 431.

Classe C: resíduos em que a reciclagem ou recuperação não são economicamente viáveis ou ainda não há tecnologia desenvolvida (BRASIL, 2002). Dependendo da cidade em que resíduos de gesso e isopor são gerados, pode ser economicamente inviável enviá-los para o local de reciclagem, assim mesmo esses materiais sendo recicláveis, nesse caso são classificados como Classe C. •

Classe D: resíduos perigosos de origem da construção civil. Ex.: tintas, óleos, materiais que contenham amianto, substância que foi incluída nessa classe na Resolução CONAMA 348 (BRASIL, 2002)

Imagem 2 - Classificação resíduos.

Fonte: Google

A Resolução CONAMA No 448 (BRASIL, 2012) altera alguns artigos da Resolução CONAMA No 307 (BRASIL, 2002). No artigo 8 fica estabelecido que os PGRCC's devem ser elaborados e implantados pelos grandes geradores e ter como objetivo o manejo e destinação de resíduos ambientalmente adequada (BRASIL, 2012)

2.2.2.1 PGRSS

Elaboração e implantação do Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) pelos geradores é uma outra exigência da Resolução 307. Estes projetos deverão ser elaborados pelos grandes geradores9 para cada novo empreendimento e encaminhado para análise do órgão municipal competente. Para os empreendimentos que necessitam de Licenciamento ambiental, o PGRCC deverá ser analisado dentro do processo de licenciamento, junto ao órgão ambiental.

O projeto tem como objetivo o estabelecimento dos procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos, e contemplar as seguintes etapas:

- caracterização nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;
- triagem deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos;
- acondicionamento o gerador deverá garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, as condições de reutilização e de reciclagem;
- transporte deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos; e
- destinação g deverá ser prevista de acordo com a classificação de cada resíduo, como será visto na sequência deste trabalho.

Assim como o plano deve conter, diretrizes técnicas e procedimentos para o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e para os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício das responsabilidades de todos os geradores.

2.3 Gestão de resíduos sólidos da construção civil

A gestão de resíduos sólidos se enquadra nas atividades de saneamento básico, pois existe a interdependência entre este, a saúde e o meio ambiente. Portanto, as ações de gerenciamento de resíduos da construção civil devem ser inter-relacionadas para contribuir com a melhoria da qualidade ambiental proporcionada a população (SILVA et al. 2015).

A organização, a limpeza e a segregação de resíduos estão diretamente relacionadas com a questão de perdas, tanto de materiais, quanto de mão-de-obra. Ao se promover uma adequada limpeza e segregação dos resíduos se consegue reduzir enormemente os índices de perda no canteiro, pois:

- o canteiro de obra fica mais limpo e organizado;
- se evita a mistura entre os insumos e os resíduos, pois estes serão triados, evitando que materiais novos sejam descartados como resíduo;
- haverá a possibilidade de reaproveitamento dos resíduos antes do descarte;
- todos os resíduos a serem descartados serão quantificados e qualificados, o que poderá colaborar na identificação de possíveis focos de desperdício.

Na atual conjuntura, os municípios brasileiros têm como foco principal o manejo adequado e sustentável dos resíduos gerados pelos domicílios e a área da saúde. Contudo, é fato que aqueles gerados pela construção civil têm uma

participação importante no conjunto daqueles produzidos, podendo alcançar a cifra expressiva de até duas toneladas de entulho para cada tonelada de resíduo domiciliar. Portanto, torna-se necessário que as cidades do país e seus gestores desenvolvam e implementem políticas públicas direcionadas ao gerenciamento desses resíduos (BRASIL, 2010).

Os resíduos gerados nas obras e seus canteiros devem ser segregados na fonte e descartados conforme a legislação. É obrigação de todos os colaboradores descartá-los adequadamente. Assim, cabe aos setores disponibilizar orientações de fácil acesso nos locais e frentes de serviço por meio de placas de orientação, cartilhas e treinamentos (SICEPOT, 2014).

A Resolução CONAMA n. º 275, de 25 de abril 2001 (BRASIL, 2001), estabeleceu o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.

O gerenciamento dos resíduos oriundos da construção civil não deve ter ação corretiva e sim uma ação educativa, criando condições para que as empresas envolvidas possam exercer suas responsabilidades sem produzir impactos socialmente negativos. Karpinsk et al., (2009), aponta que o programa de ações educativas deve ser divulgado entre os pequenos geradores e coletores e apontado as opções para a correta disposição de resíduos no município, informando a rede de pontos de entrega voluntária e a possibilidade de solicitação telefônica da prestação de serviços, por meio de um sistema como o "disque coleta". Blumenschein (2007) por sua vez relata em seus estudos que um Sistema Integrado de Gerenciamento de RCCs envolve questões complexas, particularmente, no processo de produção da cadeia principal da cadeia produtiva da indústria da construção, ou seja, no processo construtivo.

2.4 Impactos ambientais causados pelo descarte inadequado do RCC

Já foi mencionado anteriormente o papel da construção civil na economia do país e em seus impactos ambientais. Isto se produz a partir do consumo de recursos naturais e da geração de resíduos, mas também podem surgir a partir da alteração da paisagem (CASTRO, 2012).

Tozzi (2006) cita Degani (2003) quando reconhece que uma das maiores preocupações referentes à geração descontrolada de RCCs é a disposição irregular. Degani (2003) afirma em seus estudos que a disposição irregular engloba todos despejos clandestinos em vias e logradouros públicos, terrenos baldios e fundos de vales. Tais despejos são responsáveis pelo surgimento de bota-foras irregulares, que acabam se

transformando em lixões, o que tem sido uma grande preocupação esse tipo de descarte irregular.

Para o Sinduscon – SP (2005), a disposição irregular está relacionada à carência de políticas públicas que disciplinem e ordenem os fluxos da destinação dos resíduos da construção civil, associada ao descompromisso dos geradores no manejo e, principalmente, na destinação dos resíduos, provocando os seguintes impactos ambientais: degradação das áreas de manancial e de proteção permanente; proliferação de agentes transmissores de doenças; assoreamento de rios e córregos; obstrução dos sistemas de drenagem (piscinões, galerias e sarjetas); ocupação de vias e logradouros públicos por resíduos, com prejuízo para a circulação de pessoas e veículos, além da própria degradação da paisagem urbana e existência e acúmulo de resíduos que podem gerar risco devido a sua periculosidade.

2.5 Plano de gerenciamento dos resíduos de construção civil (PGRCC)

De acordo com a Resolução CONAMA nº 307/2002 (BRASIL, 2002), os planos e gerenciamento de Resíduos de obra, constantes do item projetos de gerenciamento de resíduos, são basilares para a indução de procedimentos disciplinados na cadeia de produção da construção civil. Esta norma é exigência da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS – a todas as empresas da área de construção. Seu principal objetivo é designar os responsáveis pelo manejo correto dos resíduos gerados pela obra (BRASIL, 2010).

Portanto, para executar o planejamento de um projeto dessa natureza, é necessário considerar as seguintes indagações: há política da qualidade em sua empresa? E como posso estruturar o PGRCC em sintonia com tal política? Desse modo, ao iniciar a implantação do plano é prudente criar uma experiência piloto para única obra, validando assim, metodologia que será utilizada pela instituição. É fundamental que todos os procedimentos operacionais do PGRCC sejam considerados na sua elaboração e os princípios e métodos seja a tradução do projeto.

Ressalta-se que o gerenciamento dos resíduos é um tema muito importante e deve ser pautado na classificação dos resíduos gerados obrigatoriamente conforme CONAMA n° 307 (BRASIL, 2002) Classes A, B, C e D definidas em sua resolução (ROS; MAZONI, 2006), conforme já explicitado acima.

2.6 Tratamento e destinação final

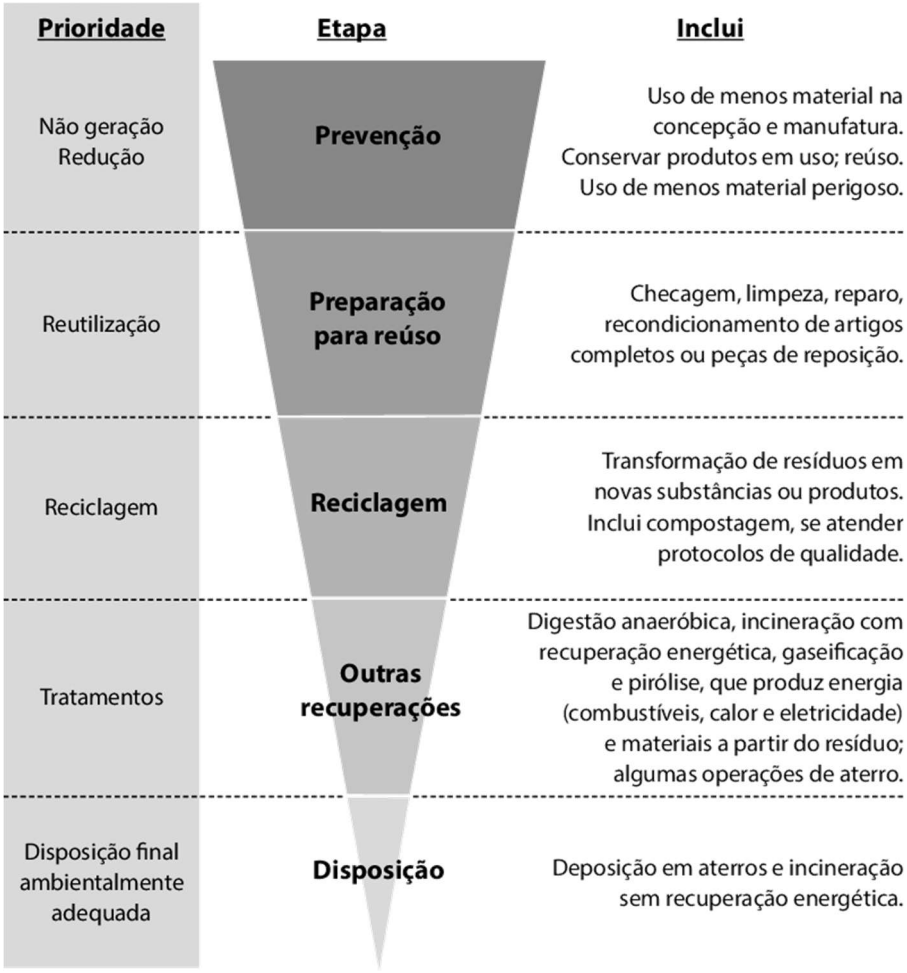
O tratamento dos resíduos são ações corretivas que podem trazer benefícios, conforme estabelecido na PNRS, como a valorização dos resíduos e os inserindo novamente na cadeia produtiva, ganhos ambientais com a redução do uso dos recursos

naturais, pela minimização da poluição, pelo aumento da vida útil de operação dos locais de disposição final e a geração de emprego e renda.

A etapa de tratamento dos resíduos envolve as ações destinadas a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo descarte de rejeito em local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável (IBAM, 2001).

Dadas as prioridades, quando verificadas as alternativas de tratamento para a reutilização e reciclagem, e por fim resultar nos rejeitos, estes devem ser dispostos. Da disposição ambientalmente correta dos resíduos, a PNRS define como a distribuição ordenada em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Imagem 3 - Hierarquia de prioridade de gerenciamento de resíduos.



Fonte: Google

Por meio da Resolução CONAMA n° 307 de 2002, os resíduos possuem tratamentos e destinações ou disposições finais de acordo com a classe a que pertencem.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, foi elaborado um estudo de caráter exploratório envolvendo uma pesquisa de campo. A revisão bibliográfica teve por objetivo identificar na literatura os processos de gerenciamento disponibilizados no mercado.

Este tipo de pesquisa possibilitou a investigação do problema, de modo a explicitá-lo, por meio de pesquisa bibliográfica, cujo principal objetivo foi adquirir informações acerca dos temas Resolução Conama n. º 307 (BRASIL, 2002) em programas de gestão de resíduos sólidos da construção civil, modelos de gerenciamento de resíduos e Reciclagem na Construção Civil.

Para teorizar sobre o assunto, foram analisados artigos científicos de referências nacionais e internacionais, dissertações nacionais, disponibilizadas na internet, por meio dos endereços eletrônicos das principais universidades sobre gerenciamento de resíduos na construção civil.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os indicadores da qualidade ambiental urbana são abordados na literatura sob o enfoque de diversas e divergentes metodologias, e isso se deve, em grande parte, à complexidade dos fatores que interferem na qualidade ambiental urbana, bem como das várias dimensões que envolvem o tema.

Do ponto de vista da metodologia proposta por Silva (2001), foi promovido um resultado satisfatório para avaliar os impactos ambientais na área estudada A partir desses dados é necessário o estabelecimento de políticas públicas comprometidas com o social, refletindo em uma nova atitude ética frente aos desafios que o atual modelo de desenvolvimento determina, a partir de uma legislação ambiental pertinente e comprometida com a sociedade.

Assim, buscando uma melhoria da qualidade socioambiental da população estudada e diante das problemáticas enfatizadas, fez-se necessário este estudo, como forma de sensibilizar os órgãos competentes e a sociedade em geral para uma reflexão sobre a questão ambiental, e que esse estudo venha a contribuir para subsidiar as políticas públicas, no tocante à tomada de decisão em busca do desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

"ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro, 2004."

"BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA. Resoluções do Conama: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2012. 1126 p."

"BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA. Resoluções do Conama: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2012. 1126 p."

"BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 03 Ago 2010."

"BRASIL. Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001. Estabelece o código de cores a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva de lixo. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 19 jun. 2001"

"BRASIL. Resolução n.º 307, de 5 de julho de 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acessado em 22 maio 2021."

"BRASIL. Resolução n.º 307, de 5 de julho de 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>.Acessado em 22 maio 2021."

"INDUSCON-SP, SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil: a Experiência do Sinduscon-SP. São Paulo: SINDUSCONSP, 2005. 48 p. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/teste_secoes.asp?cat eg=10&subcateg=62&goframe=meioambiente>. Acesso em 22 maio 2021."

"JOHN, Vanderley Moacyr. Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. São Paulo, 2010. 102p. Tese livre docência – Escola Politécnica, Universidade de SP."

"KARPINSK, L. A.; PANDOLFO, A.; REINEHER, R.; GUIMARÃES, J. C. B.; PANDOLFO, L. M.; KUREK, J. Gestão diferenciada de resíduos da construção civil : uma abordagem ambiental [recurso eletrônico] . Dados eletrônicos. – Porto Alegre : Edipucrs, 163 p. Disponível em: http://www.sinduscondf.org.br/portal/arquivos/ GestaodeResiduosPUCRS.pdf . 2009."

"PINTO, T. P. (Coord.) Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-SP, São Paulo: Obra Limpa: I&T: Sinduscon-SP, 2005."

"PINTO, Tarcísio de P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana, 1999. 218 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999."

"ROS, Denise Chaves; MAZONI, Patrícia. Porquê e Como elaborar o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. 1ª Edição. Brasília-DF, 2006."

"SCHNEIDER, D.M.; PHILIPPI, A.JR. Public management of construction and demolition waste in the city of São Paulo. Ambiente construído, Porto Alegre, 2004."

"SILVA, Roberto Bernardo da; RODRIGUES, Evaldo Cesar Cavalcante; ZAU, Flavia Garcia; TRINDADE, Gabriela Pereira da. Panorama do projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil (PGRCC) – estudo de caso na construção do centro administrativo do distrito federal (CADF). In: IV SINVEP Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade. Anais do IV SINGEP – São Paulo – SP – Brasil – 08, 09 e 10 de novembro de 2015." Para a normalização das referências, recomenda-se a NBR 6023 ABNT que apresenta os elementos específicos e obrigatórios.

CAPÍTULO 25

ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS COMPARATIVAS DA MADEIRAS PLÁSTICA DERIVADA DO LIXO E A MADEIRA CONVENCIONAL PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

ANALYSIS OF THE COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF PLASTIC WOOD DERIVED FROM GARBAGE AND CONVENTIONAL WOOD FOR CIVIL CONSTRUCTION

Bernaldo Sousa Ribeiro Neto[1]
Rafaela Nicolau dos Santos[2]
Welton Nogueira da Silva[3]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.25

1 Aluno da UNAMA – Universidade da Amazônia, Santarém-PA. E-mail: bernaldo.ribeiro@gmail.com
2 Doutora, Santarém-PA. E-mail: 70103013@prof.unama.br
3 Aluno da UNAMA – Universidade da Amazônia, Santarém-PA. E-mail: weltonogueira@yahoo.com .br

RESUMO

Em decorrência do enorme consumo e descarte inadequado de produtos derivados do plástico, cada vez mais estão sendo enfatizadas pesquisas que buscam alternativas sustentáveis a esse tipo de resíduo. Por outro lado, não menos importante, encontra-se a necessária utilização de madeira na construção civil que, por vários aspectos, dentre eles a sustentabilidade e a dificuldade de utilização em ambientes úmidos fazem com que esse importante insumo possa ser substituído por madeira derivada de resíduos plásticos. Dessa forma, a presente pesquisa bibliográfica busca traçar, qualitativamente, um paralelo entre a madeira convencional e a madeira plástica, com ênfase nas vantagens e desvantagens da utilização desta, passando pelo seu contexto histórico, definição e processo de fabricação. Verificou-se que o grande apelo ambiental por conta da sustentabilidade aliado à sua durabilidade, fazem com que a madeira plástica, apesar de seu alto custo de preparo, seja uma interessante alternativa à utilização da madeira convencional.

Palavras-chave: Madeira. Plástica. Construção. Sustentabilidade. Durabilidade.

ABSTRACT

As a result of the enormous consumption and inadequate disposal of products derived from plastic, research that seeks sustainable alternatives to this type of waste is increasingly being emphasized. On the other hand, no less important, there is the necessary use of wood in civil construction which, for several aspects, among them sustainability and the difficulty of use in humid environments, make this important input possible to be replaced by wood derived from plastic waste. Thus, the present bibliographic research seeks to trace, qualitatively, a parallel between conventional wood and plastic wood, with emphasis on the advantages and disadvantages of using it, going through its historical context, definition and manufacturing process. It was found that the great environmental appeal due to sustainability combined with its durability, make plastic wood, despite its high cost of preparation, an interesting alternative to the use of conventional wood.

Keywords: Wood. PLastic. Construction. Sustainability. Durability.

1 INTRODUÇÃO

Dentre os mais variados insumos utilizados na construção civil, a madeira é o que mais esteve presente desde as épocas mais remotas. Mesmo tendo características nada propícias como absorção de umidade e baixa durabilidade, as vantagens de sua utilização são inúmeras, principalmente pelo fato de ser renovável quando comparada a outros materiais como o aço e o concreto, por exemplo (OHARA, 2017).

O Brasil possui um dos maiores biomas remanescentes de florestas nativas do mundo, que infelizmente sofre também com grandes proporções de desmatamento. Esse problema, inclusive, é evidente não somente em nossa nação, mas em todo o mundo, sendo necessário encontrar uma solução que seja interessante e ecologicamente sustentável, que desafogue o mercado da madeira e traga uma concorrência pra esse produto que movimenta milhões de reais todos os anos à custa do desmatamento. (ABRELPE, 2019).

O interesse pelo tema do estudo surgiu a partir do conhecimento através de pesquisas e entendimento de que os plásticos, quando descartados de maneira incorreta, podem proporcionar inúmeros problemas para o meio ambiente, uma vez que demoram muito tempo para se degradarem e ocupam volumes elevados em aterros sanitários. De acordo com o "Atlas do Plástico", somente em 2020 o Brasil produziu 11,3 milhões de toneladas de lixo plástico, tendo reciclado pouco mais de 1% desse total (STIFTUNG, 2020).

Esse material plástico, quando descartado em locais indevidos como lixões, rios, encostas, dentre outros, pode trazer sérios problemas ambientais. Para garantir uma sustentabilidade à construção civil surgiu a possibilidade de fabricação de madeira ecológica, que é um processo versátil que pode ser realizado de forma bem distinta, pois diferentes tipos de plásticos podem ser utilizados, assim como diversos tipos de misturas, variando de acordo com a preferência do fabricante (OLIVEIRA, 2013).

O importante nessa produção é que ela é uma forma viável e sustentável de lidar com materiais que são descartados e demorariam um extenso tempo para se decompor, ajudando também a diminuir as agressões à natureza. Há, então, a necessidade de buscar, cada vez mais, tecnologias que atendam a população sem prejudicar o meio ambiente.

Nesse sentido, a presente pesquisa busca realizar um estudo comparativo do uso e de desempenho entre a madeira natural e a madeira plástica, bem como suas vantagens e desvantagens, através de levantamento bibliográfico baseado em pesquisas com o intuito de verificar a substituição e eficácia deste material na construção civil. Ademais, serão verificadas as formas de produção da madeira plástica, suas definições, bem como o tipo de abordagem sobre o tema de acordo com a legislação em vigor.

2 PROPRIEDADES DA MADEIRA CONVENCIONAL

Ao se tratar de construção a madeira é um dos materiais mais utilizados pelo homem, é possível identificar a presença desse material em diversas aplicações tais como,

abrigos, móveis, utensílios domésticos, embarcações, carroças, etc. A vasta utilização da madeira em diversas áreas e principalmente na construção se dá devido algumas particularidades que ela possui uma delas é a sua durabilidade, sendo encontradas com facilidade várias estruturas antigas construídas a partir da madeira convencional (NAZÁRIO, 2016).

Em relação à engenharia civil a madeira é utilizada com grande frequência na construção de casas, esquadrias, andaimes, estacas, escoramentos, postes, dormentes, cruzetas, painéis, forros, divisórias e pisos. Outra característica marcante é que a madeira possui densidade superior à do aço e do concreto. Segundo Mello (2007, p. 34), algumas características são relevantes nas construções em madeira como, "trabalhabilidade, excelente relação entre peso e resistência mecânica, baixo consumo energético em seu beneficiamento, reaproveitamento e renovabilidade".

As características físicas da madeira são inúmeras e variam desde a sua cor e textura até propriedades mais rebuscadas como isolamento térmico. Ao se tratar da umidade a madeira possui característica semiporosa que é a capacidade de absorver ou perder umidade de acordo com as condições do ambiente em que estiver exposto, onde o teor de umidade é inversamente proporcional à densidade da madeira, ou seja, quanto maior a quantidade de água, menor a quantidade dos outros elementos químicos da madeira – celulose, hemicelulose e lignina (MONSORES, 2019).

Ao se tratar da densidade é possível verificar que ela está ligada diretamente ao tipo de madeira. De acordo com Mello (2007), a densidade é o parâmetro referencial dequalidade da madeira para determinados usos, e está diretamente ligada a outras

importantes características como resistência e teor de umidade. Para fins de conceitos físicos a densidade da madeira pode ser definida como sendo "a quantidade de massa contida da unidade de volume, ou a relação entre peso e volume de uma amostra, sendo também chamada de peso específico". Vale ressaltar que a densidade pode variar de acordo com seu grau de umidade (MELLO, 2007).

O comportamento térmico da madeira é caracterizado pela condutibilidade térmica, o coeficiente de dilatação térmica e o calor específico. Tal propriedade seria, portanto o tempo que o calor passa por um material quando este é exposto a um gradiente de temperatura. Em relação à condutibilidade elétrica a madeira é caracterizada por ser um excelente material isolante elétrico vale ressaltar que isso só é possível quando esta estiver totalmente seca desta forma quando está úmida passa a ser um condutor de energia elétrica (NAZÁRIO et al, 2016)

As propriedades mecânicas da madeira mais importantes podem ser determinadas segundo seu comportamento quando é solicitada por forças externas, as mais conhecidas dizem respeito a propriedade de elasticidade e propriedade de resistência (HERZER et al, 2019). Partindo desses dois tópicos a propriedade elástica seria, portanto, a capacidade que este material teria de voltar a sua forma original quando este fosse submetido a uma determinada carga isto sem sofrer deformações. Segundo Mello (2007) a madeira apresenta deformação residual (deformação permanente) quando exposta a uma carga.

Ao se tratar de resistência, é possível observar que esta característica está ligada diretamente ao fator densidade, desta forma os tipos de madeiras que possuem uma densidade mais alta serão também as mais resistentes. A madeira convencional apresenta boa resistência à compressão, baixa resistência à tração, já quando submetidas à flexão a madeira falha primeiro por compressão e depois por tração (HABOVSKI, 2018).

Ao se tratar de impactos que é a capacidade que um determinado material tem de absorver um impacto, a madeira apresenta excelente resistência. É válido lembrar que todas as características mencionadas à cima podem variar de acordo com a umidade, sentido de aplicação da força, gradiente de temperatura e secagem tais alterações podem ser identificadas tanto nas propriedades físicas quanto nas mecânicas, sendo que estas características variam de acordo com a espécie da

madeira. Vale ressaltar que os impactos ambientais resultado do uso da madeira convencional para fins construtivos são inúmeros e isso é um fator que deve nos impulsionar a buscar soluções e alternativas novas que não gerem tanta agressão ao meio ambiente (TEIXEIRA, 2015).

3 MADEIRA PLÁSTICA

Ao que se mostram à primeira vista, as madeiras plásticas tem um aspecto muito similar às madeiras naturais e trazem para o ambiente uma decoração rústica, podendo ser encontrada em diversas tonalidades. Espécies naturais como tabaco, pau- brasil e outras são reproduzidas quase que perfeitamente. Em suas propriedades específicas, as madeiras plásticas também se mostram úteis em diversas aplicações e são reconhecidas por terem uma resistência à umidade bem melhor que as madeiras naturais e uma dureza que as torna compatíveis em diversas aplicações como tampas de bueiros, mourões, cercas etc. (CASTRO, 2011).

A madeira plástica é conhecida por ser um material 100% ecológico sua origem se dá a partir de resíduos sólidos que outrora estariam em lixões e também outros ma-

teriais como, serragem de madeira, fibras vegetais e aditivos. Este produto ainda não é muito difundido no mercado, mas é visto como tendência, pois levanta a bandeira da sustentabilidade (RODRIGUES, 2015).

3.1 Definição e contexto histórico

A madeira plástica trata-se de um material que deriva da reciclagem de lixo plástico que seria despejado em depósitos de lixo ou aterros sanitários. Apesar de bastante conhecido em países desenvolvidos, no Brasil esse tipo de material se popularizou há pouco tempo em função dos anseios sociais por sustentabilidade (CASTRO, 2017).

O termo "madeira plástica" é puramente comercial, uma vez que o composto não possui uma fabricação padronizada, sendo possível obtê-lo a partir de vários materiais diferentes que passam por todo um processo de coleta, moagem e extrusão. Sobre a matéria prima utilizada para fabricação da madeira plástica, discorre Isaque Castro:

> A madeira plástica tem como composição principal é plástico reciclado adicionado de outros materiais, tais como: serragem de madeira, carbonato de cálcio, caulim, pigmentos e plastificante, além de algum teor, se conveniente,
>
> de polietileno de baixa densidade e, conforme novas tecnologias, poliestireno, conforme as propriedades finais de resistência à flexão, compressão, rigidez ou flexibilidade que sejam desejadas (CASTRO, 2017, p. 27).

Esse processo de fabricação remonta da década de 50, cujos projetos iniciais utilizaram pó de madeira. Vinte anos mais tarde, na década de 70, na Itália, houve o primeiro registro de patente com referência à madeira plástica oriunda da extrusão de compostos sintéticos para serem utilizados na fabricação de interiores de automóveis. Nos anos seguintes, os Estados Unidos tomaram à frente das pesquisas e fabricação utilizando restos de compostos plásticos descartados pelas indústrias.

Ainda na década de 70, criado por *Eduard Klobbie*, na Holanda, desenvolveu- se um novo sistema de fabricação de madeira plástica. Posteriormente esse sistema foi desenvolvido em vários países até chegar no modelo que se utiliza atualmente. O principal ponto de partida para o desenvolvimento das pesquisas foi a melhor destinação para os resíduos plásticos que, além do alto custo de transporte para os aterros, diminuía a utilização do espaço físico destes (NAZÁRIO et al, 2016).

No Brasil, os primeiros indícios de fabricação de madeira plástica datam do ano de 1990, com produção iniciada pelo Instituto de Macromoléculas da Universidade Federal do Rio de Janeiro – IMA. Essa organização acabou desenvolvendo um novo material, cuja produção se destinava a remover resíduos sólidos das ruas da cidade, como sacolas plásticas e embalagens descartadas (SARAH, 2017).

De acordo com dados do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), atualmente existem cinco organizações responsáveis pela produção de madeira plástica no Brasil, todas com funcionamento nas regiões Sul e Sudeste, não tendo indícios de registros nas demais regiões (RODRIGUES, 2015).

3.2 Processos de fabricação madeira plástica

Segundo Sarah (2017) a madeira plástica é o resultado da aplicação de uma moderna tecnologia industrial. Seu processo de fabricação envolve matérias primas recicláveis como resíduos plásticos industriais variados, que são misturadas e transformadas em peças semelhantes à madeira natural e que podem substituí-la em diversas aplicações.

O produto final é altamente reciclável e possui aparência idêntica à da madeira natural oferecendo ainda ao mesmo tempo a resistência do plástico possibilitando que esta seja furada, serrada, pintada, revestida, aparafusada, pregada desenvolvendo as mesmas funções da madeira convencional. Na prática sua composição é altamente sustentável, pois tudo o que é utilizado nela é reciclado proveniente em sua grande maioria do plástico e pode ser reutilizado na confecção de outros materiais. A durabilidade dos plásticos é uma das razões que fazem com que esses sejam altamente utilizados, consequência de sua estabilidade estrutural, podendo levar séculos para a degradação. Se a durabilidade pode ser uma vantagem, por outro lado, pode representar um sério problema ecológico se descartado de forma incorreta (OHARA, 2011).

3.2.1 Coleta e separação

O primeiro passo é a coleta de matéria prima, ou seja, o lixo plástico a princípio pode ser utilizado qualquer tipo de plástico, contudo os mais utilizados são os que seguem segundo Paula e Costa (2008): Tereftalato de polietileno, Polietileno de alta densidade, Policloreto de vinila ou cloreto de vinila, Polietileno de baixa densidade, Polipropileno, dentre outros. Para produção são realizados diversos tipos de mistura, tais como: serragem, pneus, fibra de vidro, fibra de coco babaçu, palha de arroz ou até mesmo 100% plástico.

Paula e Costa (2008) ainda afirmam que o aproveitamento do lixo pode ser um pequeno problema inicial, uma vez que no Brasil não há a cultura da reciclagem internalizada. No caso do reaproveitamento com a produção de madeira, é importante que esses plásticos sejam oriundos de uma coleta seletiva, pois desta forma, eles já vêm mais limpos.

Após a coleta, também pode ser realizada a separação dos plásticos dos resíduos gerados na coleta, bem como a eliminação de contaminantes através de técnicas sim-

ples, como separação por densidade. Esses procedimentos podem ser feitos no local da reciclagem, no ponto de geração ou em usinas de triagem (PAULA e COSTA, 2008).

As autoras acima mencionadas relatam que nesta etapa depois de coletado e limpo o plástico é separado por gênero (branco e colorido) esse processo pode variar conforme o parecer da empresa que o desenvolva. Para as madeiras mais claras é utilizado o plástico branco e as mais escuras o plástico colorido.

3.2.2 Moagem e segunda lavagem

A segunda etapa do processo de fabricação consiste na moagem e segunda lavagem quando preciso uma vez que os grânulos são depositados em uma máquina denominada extrusora, nesta máquina eles são fundidos e homogeneizados vindo essa atividade a ser a terceira parte do processo de fabricação da madeira plástica (CASTRO, 2017).

3.2.3 Extrusão

A terceira etapa consiste no reprocessamento do plástico. Os grânulos são levados para uma máquina chamada extrusora onde serão fundidos e homogeneizados. Os pigmentos e as cargas são geralmente adicionados durante o processo de fundição, mas também podem ser colocados junto com os grânulos. A extrusora opera em variadas faixas de temperatura especificadas de acordo com o tipo de plástico utilizado (RODRIGUES, 2015).

O processo de extrusão tem sido adotado desde a década de 80, apesar de ser conhecido desde o século XVIII. O número de plásticos que podem ser extrudados aumenta continuamente em virtude da versatilidade do processo, bem como em decorrência das necessidades de produção e nível de investimento no maquinário necessário para o processo (TEIXEIRA, 2015).

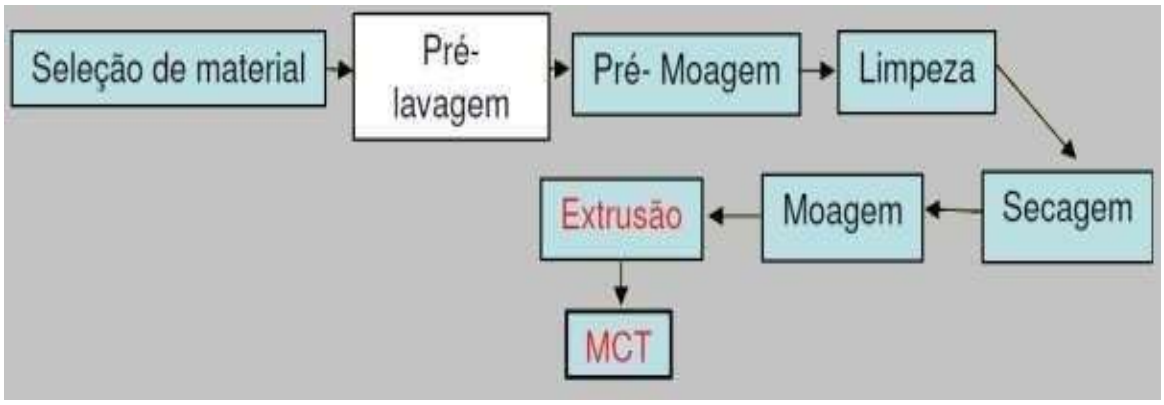
Nas palavras de Wilton Ohara:

> No interior da extrusora pode-se dividir o processo em três partes: zona de alimentação, zona de compressão e zona de dosagem. Na zona de alimentação todo o material passa por uma espécie de rosca com a intenção de aquecê-lo afim do mesmo atingir seu ponto de fusão. Em seguida, esse material é transportado para a zona de compressão, onde é comprimido contra as paredes do equipamento, promovendo sua plastificação. Por fim, na zona de dosagem, é feita uma mistura eficiente do material e a manutenção de saída do mesmo é controlada, através da vazão e pressão gerada pelo equipamento (OHARA, 2012, p. 43).

O resultado do processo de extrusão é o que conhecemos como madeira plástica em seu resultado final. O material que sai da extrusora é refrigerado e sugado por uma espécie de "puxador" resultando na madeira plástica, que é posteriormente utilizada

em diversas áreas funcionando perfeitamente tanto quanto a madeira convencional AMARAL, (2009).

Figura 1 - Fluxograma do processo de fabricação de materiais compósitos

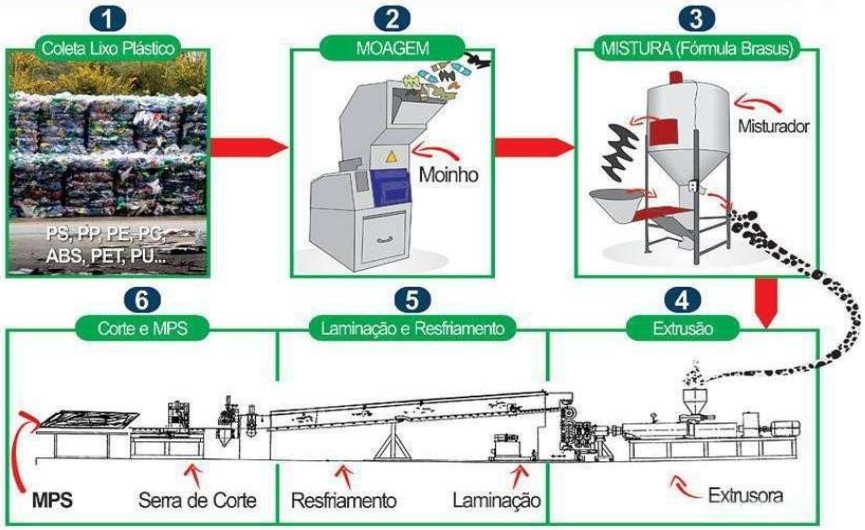


Fonte: CASTRO, 2017.

O fluxograma acima demonstrado pela **Figura 1** mostra o processo de fabricação de materiais compósitos (madeira plástica). Em resumo, o processo consiste na seleção de material, a pré lavagem para selecionar os resíduos aptos a passar pela pré moagem. Em seguida esses resíduos são selecionados, secados, moídos novamente para, finalmente, passarem pelo processo de extrusão.

Por sua vez, a Figura 2 exemplifica o processo de produção da madeira plástica quando o pó de madeira convencional serrada é utilizado como aditivo:

Figura 2 - Processos de produção da madeira plástica com aditivo de pó de madeira convencional



Fonte: CASTRO, 2017.

Como demonstrado acima, o processo é semelhante ao da Figura 1, passando pela coleta de resíduos plásticos e pré moagem, adicionando a esses resíduos, logo em seguida, o pó de madeira convencional. Em seguida passam por um processo de corte, laminação, resfriamento e, por último, a extrusão.

3.3 Máquinas e equipamentos utilizados

Para que todo o processo de confecção da madeira plástica seja realizado com perfeição faz-se necessário o uso de maquinário de qualidade. Alguns equipamentos foram criados após décadas de pesquisas relacionadas à fabricação de madeira plástica, podendo ser encontradas na grande maioria das capitais brasileiras. Apesar de sua onerosidade quanto aos custos para adquirir esses equipamentos e operá-los, é necessário que esse tipo de tecnologia seja expandido para reduzir o despejo de lixo plástico em lixões e aterros sanitários (RODRIGUES, 2015).

Todo o processo que envolve a produção da madeira plástica é realizado por meio de força mecânico desde o início partindo da reciclagem até o momento em que a mesma passa por um tanque com água para ser refrigerada até o produto final, podendo ser utilizada em diversos seguimentos como decks, tábuas, móveis, entre outros previamente citados (PAULA e COSTA, 2008).

Figura 3 - Tanque.

Fonte: CASTRO, 2017.

Figura 4 - Granulador.

Fonte: MONSORES, 2019.

Figura 5 - Lavadora e secadora.

Fonte: CASTRO, 2017.

Figura 6 - Extrusora.

Fonte: CASTRO, 2017.

De acordo com Cabral et. al. (2016), o processo que envolve a fabricação de madeira plástica pode ser realizado de formas variadas por se tratar de plásticos e por esses serem de muitos tipos o que os autores fazem questão de frisar é que o processo é de grande importância e agrega inúmeras possibilidades na proteção do meio ambiente uma vez que a matéria prima utilizada na produção da madeira plástica deixa de ir para os lixões e aterros onde demorariam anos até virem a se decompor.

4 COMPARATIVO ENTRE MADEIRA CONVENCIONAL E MADEIRA PLÁSTICA

Diante das informações obtidas, traçar um comparativo entre a madeira convencional e a madeira plástica é necessário para verificar se estamos diante de uma questão meramente ambiental ou se o processamento de resíduos plásticos traz diversos benefícios para a construção civil.

A madeira plástica vem sendo cada vez mais utilizada em substituição à madeira convencional não somente na construção civil, mas também na arquitetura e decoração, sendo utilizada como bancos de praças, painéis, móveis, brinquedos de parques públicos e até mesmo dormentes de ferrovias substituindo os danificados de madeira convencional (VERDELO, 2016).

4.1 Vantagens

Como já ressaltado, o apelo ambiental da madeira plástica é um fator preponderante na sua escolha com relação à madeira convencional. Entretanto, outras variantes fazem com que a madeira plástica seja um avanço em termos de sustentabilidade e engenharia. Assim como o plástico, a madeira proveniente desse composto tem as mesmas vantagens que o próprio, em especial a durabilidade, cuja utilização pode durar mais de cem anos. Ainda quanto à durabilidade, é necessário frisar que a madeira plástica é resistente a pragas naturais como roedores, insetos e principalmente cupins. Também oferece resistência à intempéries da natureza, como chuva, maresia, umidade e mofo, dificultando ao extremo o apodrecimento como ocorre com a madeira convencional (HABOVSKI, 2018).

Sobre a facilidade de utilização da madeira plástica, verifica-se que a mesma pode ser pintada várias vezes sem que esse processo afete sua durabilidade, podendo ter sua cor definida até mesmo durante seu processamento. Ainda é possível citar o fato de não precisar ser lixada, por não possuir farpas, nem envernizada, além de ser mais difícil sofrer rachaduras, tendo maior facilidade de utilização de pregos e parafusos, podendo-se utilizar as mesmas ferramentas decorrentes do manejo da madeira convencional (RODRIGUES, 2015).

A madeira plástica possui facilidade de higienização e limpeza oferecendo resistência a vários materiais para higienização como sabão, soda cáustica, dentre outros. No que se refere à utilização em si, a madeira plástica funciona como um excelente isolante térmico e condutor de calor, uma vez que esfria mais rapidamente que a madeira convencional. Também não é inflamável e seu uso tem redução considerável de desperdícios que chega próximo do fator nulo, pelo fato de os restos terem a capacidade de reutilização para fabricação de novas peças (STIFTUNG, 2020).

4.2 Desvantagens

Apesar de todas as vantagens acima citadas, a madeira plástica possui algumas variantes que pesam no momento de sua escolha. A primeira delas diz respeito exatamente à sustentabilidade, fazendo com que ela não seja considerada um material totalmente verde. Nesse sentido, nas palavras de Klícia Rodrigues:

> Normalmente um composto de resíduos de madeira plástica cobre um custo maior de mudança climática do que a madeira natural, que tem a vantagem de retirar o dióxido de carbono da atmosfera à medida que cresce. Ainda acrescente que em estudo realizado em 2011, constatou que as emissões de gases-estufa durante o processo de fabricação de madeira plástica são quase três vezes maiores que os da produção de cedro, por exemplo (RODRIGUES, 2017, p. 26).

Quanto à utilização existem relatos que colocam em xeque a questão da durabilidade da madeira plástica, tendo sofrido danos como apodrecimento e flacidez. Embora de difícil ocorrência, esse tipo de fenômeno pode acontecer em função da má qualidade de sua fabricação, seja por falha no processo de separação dos resíduos ou até mesmo pela falha no processo de extrusão (SARAH, 2017).

Todavia, a principal desvantagem está relacionada ao custo de fabricação que se inicia desde o processo de coleta seletiva da matéria prima, podendo chegar a custar dez vezes mais que a coleta convencional de lixo. Isso ocorre pelo fato de os veículos coletores não terem a capacidade de compactação do material, somado à quantidade a ser transportada, uma vez que os veículos de coleta seletiva de lixo possuem compartimentos não somente para plástico, mas também para papel, vidro, metal, resíduos orgânicos e madeira (STIFTUNG, 2020).

Ainda com relação aos custos de fabricação, estima-se que uma empresa de pequeno porte que tenha como objetivo produzir madeira plástica tenha como investimento inicial o valor de aproximadamente R$2.000,000,00 (dois milhões de reais), distribuídos principalmente entre maquinário e mão de obra qualificada na produção. Esses fatores, aliados à produção em pequena escala e precarização de matéria prima (plástico) para ser reciclado, são preponderantes para problemas como má qualidade da madeira e alto preço de mercado, que fica equivalente ao de madeira nobre (RODRIGUES, 2015).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se que a madeira plástica é uma grande aliada do meio ambiente. Apesar de não ser considerado um material totalmente sustentável, a capacidade de reciclagem do plástico descartado em lixões e aterros sanitários, faz com que outros aspectos como o uso de água em grande quantidade e o alto custo de produção sejam levados em consideração com o restante dos benefícios.

Somado a isso, o lixo plástico a ser utilizado é proveniente da coleta seletiva, ou seja, reduz consideravelmente a quantidade de resíduos em vias públicas e consequentemente nos locais de destinação de lixo, gerando empregos diretos, renda e circulação de capital decorrente da oferta desse tipo de material que, apesar de estar consolidado nos países de primeiro mundo, no Brasil ainda é considerado como inovador.

No que se refere à utilização da madeira plástica na construção civil, é possível destacar a facilidade de manuseio, que inicia desde o processo de fabricação que pode delimitar vários aspectos como tonalidade, rigidez e formatos de encaixes perfeitos de acordo com a sua destinação, até a sua estabilidade quando utilizada em estruturas

por não empenar ou rachar mesmo estando em contato com fatores externos como sol, chuva e demais agentes naturais como cupim e mofo.

Portanto, de acordo com as vantagens e desvantagens apresentadas, de forma superficial é possível concluir que a utilização da madeira plástica é vantajosa com relação à madeira convencional. Entretanto, faz-se necessária a promoção de estudos mais aprofundados no que se refere ao emprego de outros materiais sustentáveis na construção civil, cujos custos de fabricação/manutenção podem tornar-se irrelevantes quando comparados aos benefícios trazidos ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 10004. Resíduos Sólidos – Classificação. 2004.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018-2019. São Paulo: Abrelpe, 2019. Disponível em: <http://www.abrelp.org.br>. Acesso em 11 abr. 2021

ALMEIDA, Aquiles Bezerra. Estudo preliminar da viabilidade técnica e econômica da madeira plástica a partir do resíduo sólido. 2013. 135 f. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. UFRS, Porto Alegre-RS, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre licenciamento ambiental. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/CONAMA%20237_191297.pdf>. Acesso em 20 abr. 2021.

CASTRO, Isaque Souza. Aplicabilidade da madeira plástica na construção civil epotencial para sua produção em Boa Vista-RR. 75 f. Boa Vista, UFRR: 2017.

Disponível em: <https://ufrr.br/engcivil/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=152:tcc-2-isaque-castro-2017&id=28:tcc-2017&Itemid=336>. Acesso em 25 abr. 2021.

GUAMÁ Fernando Francisco Miranda Corrêa de, et al. Lixo plástico – de sua produçãoaté a madeira plástica, 2009 13 f. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de produção. Rio de Janeiro, ENEGEP, 2009. Disponível em: <http://www.limpezapublica.com.br/textos/enegep2008_tn_sto_077_542_11394.pdf >. Acesso em 14 abr. 2021.

HABOVSKI, Dassaev. Estudo da viabilidade da utilização de madeira de reflorestamento como material de construção de casas de pequeno porte. 2018. 120 f. Pato Branco-PR, UTFP, 2018. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/14341/1/PB_COECI_2018_2_44.pdf>. Acesso em 03 mai. 2021.

HERZER, Eduardo, et al. Eco empreendedores: estudo de caso em uma indústria de madeira plástica do sul do Brasil. Revista Estudo & Debate. V. 27, n. 4. p. 21-38.

MONSORES, Karolline Gomes Castro. Obtenção e caracterização de madeira plástica a partir de resíduos pós-consumo. Revista Iberoamericana de Polímeros. Vol. 20, n. 3, 2019, p. 137-145.

NAZÁRIO, Gabriel Fernando, et al. Madeira plástica: Uma revisão conceitual. Revista Engenharia em Ação UniToledo. V. 01, n. 01, p. 54-71. Araçatuba-SP, 2016. Disponível em: <http://ojs.toledo.br/index.php/engenharias/article/view/71/34 >. Acesso em 27 abr.2021.

OHARA, Wilton Shigueaki. Estudo das propriedades mecânicas da madeira plástica, 2011. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso. UEPJMF, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/120223>. Acesso em 01 mai. 2021.

OLIVEIRA, Evelyn Martins Reale de; OLIVEIRA, Emily Martins Reale de; COSTA, Rassa Andrade. Madeira plástica. 45 f. Instituto Euvaldo Lodi – IEL/BA, 2013. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/dossie- tecnico/downloadsDT/Mjc2Nzg=#:~:text=Resumo%20A%20madeira%20pl%C3%A1stic a%20%C3%A9,desmatamento%20indevido%20de%20nossas%20florestas.>. Acesso em 19 abr. 2021.

PAULA, Roberta Monfron de; COSTA, Daiane Leal. Madeira plástica: aliando tecnologia e sustentabilidade. Encontro Latino Americano de Iniciação Científica. 2008, p. 4. Disponível em: <http://www.inicepg.univap.br/cd /EPG01083_04_O.pdf>. Acesso em 14 abr. 2021.

RODRIGUES, Klícia Teixeira Marques. Reciclagem de resíduos plásticos para produção de madeira plástica em Petrolina-CE: Cenário atual e perspectivas. 2015. 78 f. Juazeiro-BA, UNIASF, 2015. Disponível em: <http://www.univasf.edu.br/~tcc/000005/000005bf.pdf>. Acesso em 29 abr. 2021.

SARAH, David Muzel. Estudo da usinagem dos compósitos plástico madeira e madeira plástica. 2017, 65 f. Repositório Institucional UNESP, Faculdade de Engenharia, Guaratinguetá, 2017. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/149930>. Acesso em28 abr. 2021.

STIFTUNG, Heinrich Böll. Atlas do plástico: Fato e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos. Creative Commons, Rio de Janeiro, 2020.

TEIXEIRA, Fábio Gonçalves. Uso de madeira plástica para fabricação de playgrounds: uma proposta de inovação para substituir a madeira natural, E-tech: Tecnologias para Competitividade Industrial, vol. 8, pp. 102 - 124, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/292348144_Uso_de_madeira_plastica_para_fabricacao_de_playgrounds_uma_proposta_de_inovacao_para_substituir_a_madeira_natural>. Acesso em 19 abr. 2021.

TRIGUEIRO, A.; BOCARDI, R. Madeira plástica evita derrubada de árvores para fabricar móveis. Jornal da Globo, Rio de Janeiro. 2012.

VERDÉLIO, Andreia. Governo federal defende prorrogação do prazo da lei que acaba com os lixões. 2016. 96 f. Agência Brasil. São Paulo, 27/02/2016. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2016-02/governo-federal-espera-pela-prorrogacao-do-prazo-da-lei-que-acaba-com-os>. Acesso em 28 abr. 2021.

CAPÍTULO 26

REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE SANTARÉM – PA

REUSE OF SOLID WASTE FROM CIVIL CONSTRUCTION IN THE URBAN AREA OF THE MUNICIPALITY OF SANTARÉM - PA

Nayara Pereira Damasceno[1]
Rafaela dos Nicolau dos Santos[2]
Raiana Tavares Ribeiro[3]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.26

1 Aluna da UNAMA – Universidade da Amazônia, Santarém-PA. E-mail: ayaradamascenoarq@gmail.com
2 Doutora, Santarém-PA. E-mail: 70103013@prof.unama.br
3 Aluna da UNAMA – Universidade da Amazônia, Santarém-PA. E-mail: raianatavaresribeiro@gmail.com

RESUMO

A construção civil, sendo uma das atividades humana mais antiga, vem acumulando resíduos sólidos provenientes de construção ou demolição, o problema é que se for descartada de forma inadequada, com o decorrer dos anos, atinge diretamente o meio ambiente e, logo toda sociedade. isso foi possível observar mediante a pesquisas e estudos, no que se refere o reaproveitamento ou destinação final e correta de materiais gerados no processo construtivos das obras; Dessa forma, este artigo objetiva reaproveitar os resíduos sólidos em novos projetos de maneira sustentável; estudar viabilidade na reutilização de resíduos sólidos da construção civil no município de Santarém - PA. Foram feitas pesquisas quantitativas junto ao setor responsável na prefeitura e a uma empresa especializada em controle tecnológico do município para que o objeto – corpo de prova fosse reaproveitado de forma a não ser descartado em qualquer lugar, visando o mínimo de impacto ambiental. O presente trabalho trata da reutilização dos resíduos de construção civil para a destinação sustentável dos resíduos gerados pelos ensaios de rompimento de corpos de prova cilíndricos para determinação da resistência à compressão do concreto. Vale a pena ressaltar que atualmente os resíduos de concreto não são descartados em caçambas, eles acabam ficando nas empresas ou universidades para posterior reutilização em atividades de agricultura e paisagismo. Para tentar reduzir a quantidade de resíduos descartados tentou-se encontrar uma adequada destinação para os mesmos, analisando as possibilidades do local. A pesquisa mostrará medidas aceitáveis para a reutilização do material, expandindo conhecimento sobre a reciclagem dos mesmos.

Palavras-chave: Construção civil. Resíduos Sólidos. Destinação final. Impactos ambientais. Reciclagem.

ABSTRACT

Civil construction, being one of the oldest human activities, has been accumulating solid waste from construction or demolition, the problem is that if it is improperly disposed of, over the years, it directly affects the environment and, therefore, the whole society. this was possible to observe through research and studies, with regard to the reuse or final and correct destination of materials generated in the construction process of the works; Thus, this article aims to reuse solid waste in new projects in a sustainable manner; study feasibility in the reuse of solid waste from civil construction in the municipality of Santarém - PA. Quantitative research was carried out with the responsible sector in the city hall and with a company specialized in technological control of the municipality so that the object - body of evidence could be reused so as not to be discarded anywhere, aiming at the minimum of environmental impact. The

present work deals with the reuse of civil construction residues for the sustainable destination of residues generated by the breaking tests of cylindrical specimens to determine the compressive strength of concrete. It is worth mentioning that currently the concrete waste is not disposed of in buckets, they end up in companies or universities for later reuse in agriculture and landscaping activities. To try to reduce the amount of waste discarded, an attempt was made to find an appropriate destination for them, analyzing the possibilities of the place. The research will show acceptable measures for the reuse of the material, expanding knowledge about its recycling.

Keywords: Civil construction. Solid waste. Final destination. Environmental impacts. Recycling.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma das atividades humanas mais antigas, onde são utilizadas, técnicas para construir, e transformar, inicialmente usadas de forma artesanal e desde então, vem gerando uma grande quantidade de resíduos sólidos para o mundo. Nos dias atuais, essa crescente demanda fez com que se gerasse um acúmulo exagerado de resíduos de materiais derivados de obras ou demolições. Por isso, veio a necessidade de se criar uma forma sustentável e dar uma destinação correta para estes resíduos.

Os resíduos da construção civil são aqueles provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras. (SILVA, 2016).

A reutilização desses materiais torna-se uma maneira de reduzir a quantidade de descarte visando questões ambientais, uma vez que a maioria dos resíduos sólidos tem destinação inadequada e são depositados clandestinamente em áreas não legalizadas pelas prefeituras. A proposta de reaproveitamento e o destino vêm tomando um amplo espaço entre os estudiosos, haja visto que, não é de hoje, a ligação direta com as questões ambientais e até mesmo a relação ao impacto direto causado à sociedade, pois a maioria desses resíduos não tem uma destinação adequada, sofrendo descarte muitas vezes em áreas clandestinas ou impróprias. Na construção civil, de acordo com a Resolução n° 307 do Conama (BRASIL, 2002) os resíduos sólidos são classificados em A, B, C e D, onde cada uma trata de um determinado resíduo e afins, que são classificados para uma destinação correta. O propósito é mostrar possibilidades para a redução do acúmulo desses materiais tidos como entulhos; tomar como aliada a reciclagem,

tentando reutilizar em obras, a fim de minimizar a quantidade de material a ser descartado no meio ambiente.

Segundo Santos (2008), o aproveitamento dos Resíduos da Construção Civil (RCC) deve ser uma das práticas adotadas na construção de edificações, visando um processo sustentável ao longo dos anos, proporcionando economia de recursos naturais e minimizando o impacto ao meio ambiente. Entre tantos projetos de reutilização e utilização de resíduos, verifica-se propostas como reaproveitamento de corpo de prova de concreto para confecção de canteiro e paisagismo, utilização como agregados na pavimentação de vias e rodovias e na fabricação de concreto e argamassa.

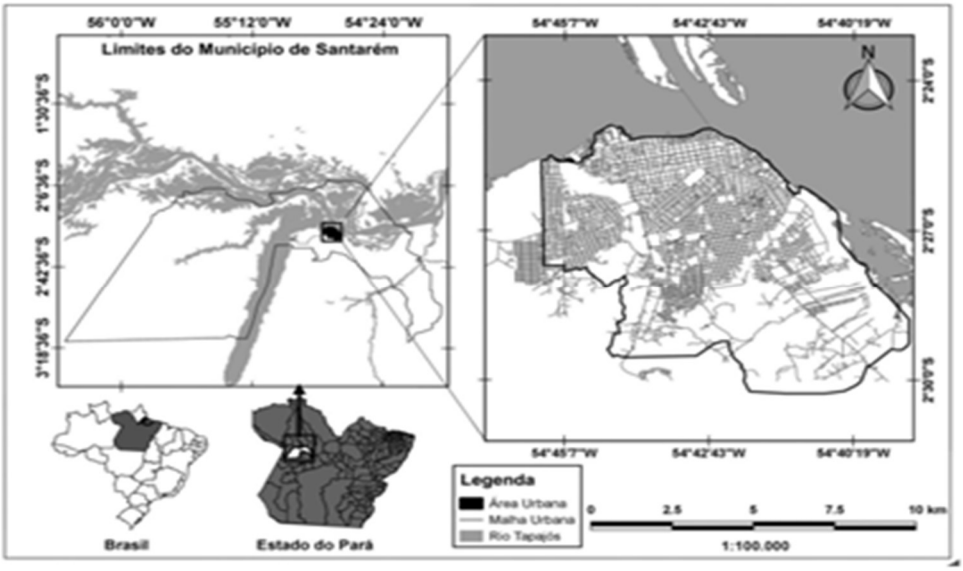
Os corpos de provas (CP´s) são um dos materiais gerados durante o processo de construção e após testes e laudos descartados com frequência. Trata-se de um resíduo sólido proveniente do controle tecnológico necessário durante todo processo. Esse controle acontece *in loco*, quando o concreto é lançado de acordo com projeto e pedido, seja viga, pilar ou outro; antes do lançamento do concreto na peça, são retiradas amostras para verificação do material. Segundo a NBR 5738, que rege a moldagem e cura de corpos de pra cilíndricos ou prismáticos de concreto, o processo requer técnicas para padronização, produtividade e afins; os testes são realizados pelas concreteiras e/ou por empresas contratadas pelo técnico responsável da obra, assim a cada nova construção ou demolição, surgem resíduos. Dessa forma, este artigo objetiva reaproveitar os resíduos sólidos em novos projetos de maneira sustentável.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do Município de Santarém

A área urbana do município de Santarém no estado do Pará (Figura 1) é uma das áreas mais desenvolvidas no que se refere ao pólo regional do Baixo Amazonas, composto pelos municípios de Mojuí dos Campos e Belterra. De acordo com registros do IBGE, a população no último censo em 2010 é de 294.580 pessoas e teve crescimento estimado para 2020 em 306.480 pessoas segundo a última atualização (2017). O município possui área total de 17.898,389 km², destacando-se a área urbana em plena expansão.

Figura 1 - Localização Geográfica do Município de Santarém-Pará, Brasil.



Fonte: PMS/ SEMINFRA

2.2 Caracterização dos Resíduos Sólidos

Segundo a ABNT NBR 10004:2004, define resíduos sólidos como: resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.

A Resolução do CONAMA de número 307 (Brasil, 2002) define os Resíduos Sólidos da Construção e da Demolição (RCD) e sua classificação. De acordo com a sua possibilidade de reaproveitamento é possível em classe A, classe B, classe C e classe D, sendo que este trabalho reflete sobre o que trata a classe A. Sua destinação adequada dos resíduos recomenda é apresentada na tabela:

Quadro de Classificação Dos Resíduos	
CLASSES	**Destinação**
CLASSE A	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos Classe A de reservação de material para usos futuros; (nova redação dada pela resolução 448/12).
CLASSE B	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.
CLASSE C	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.
CLASSE D	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas. (Nova redação dada pela resolução 448/12).

Fonte: Conama Brasil (2002)

2.3 Corpos de Prova

Os CP's pertencem a classe A, já que se trata de material produzido geralmente a partir do concreto e segundo a o CONAMA acima referido. A norma de produção é prevista na NBR 5738, o corpo de prova tem formato cilíndrico, as fôrmas mais utilizadas são em dois tamanhos: 100 mm x 200 mm, preenchidos com concreto em duas camadas sucessivas, cada uma delas recebendo 12 golpes com a haste de socamento, e 150 mm x 300 mm, em que são aplicados 25 golpes em cada uma de suas três camadas de preenchimento. A empresa acompanhada disponibiliza gratuitamente os CP´s que geralmente são tamanhos 100 mm x 200 mm, trata-se do procedimento prescrito para moldagem e cura de corpos de prova.

O município de Santarém conta com algumas empresas especializadas na área de controle tecnológico; para a verificação quantitativa, buscou-se informação com uma empresa que tem uma produção em média 600 CP´s mensal, de acordo com o acompa-

nhamento feito. Vale ressaltar que a demanda de geração de corpo de prova depende da programação prevista na empresa, uma vez que, por ser terceirizada, trabalha com andamento de clientes (obras) possibilitando a notação de quantidade para verificação de estimativa pelo fato de cada mês ter uma movimentação diferente do outro.

2.4 Elaboração do Projeto

Os softwares de arquitetura e engenharia estão cada vez mais atualizados, o que possibilita a criação de ambientes e objetos em 3D, assim uma apresentação realista, possibilitando uma visualização melhor. Os projetos foram elaborados utilizando o programa Sketchup e Lumion 3D; o Sketchup que é um softwares para criação de modelos em 3D, desenvolvido pela At Last Software@last Software foi adquirido pela Google em 2006 já com Lumion, um software de renderização em tempo real, possibilita ter uma foto mais próximo da realidade da arquitetura desenvolvida, o software foi produzido pela empresa Holandesa ACT3d. Nesse sentido, ajuda no detalhamento e aumenta o nível de compreensão da proposta, que permite explorar o projeto em diversos ângulos e alturas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Junto à prefeitura do município de Santarém coletou-se dados relacionados ao descarte dos resíduos sólidos provenientes de construções e demolições; nota-se, mesmo sabendo que causa danos, que o descarte em algumas vezes é feito em locais irregulares tidos como áreas clandestinas. Segundo o setor responsável, a responsabilidade é da construtora que produz materiais para descarte, controlando a destinação final do mesmo, sendo regularizada de acordo com medidas para não prejudicar o meio ambiente.

É muito comum os corpos de prova cilíndricos de concreto serem descartados em algum local disponível localizado nas proximidades do laboratório. Nesta ocasião, é interessante o levantamento para destino desse tipo de resíduo uma vez que é possível a prática, pois a finalidade de reutilização não detém grandes custos e ainda contribui para uma obra final limpa e sustentável com cuidados ao meio ambiente.

Como resultado apresenta-se possibilidade de uso dos corpos de provas, o resíduo sólido proveniente das construções tido até então como entulho a ser descartado. Os projetos abaixo foram propostos desenvolvidos para reaproveitamento de tais materiais. Os projetos foram planejados e desenvolvidos para ser uma obra moderna e sustentável, utilizando o concreto e CP's como os principais materiais do projeto. Esse tipo de estrutura simples, pode ser executado em qualquer quintal ou terreno,

permitindo assim a criação de vários designs. Foram utilizados em base de 11.396 CP's nesses projetos.

O projeto 1 - Pergolado (Figura 2), o projeto abaixo foi feito com as medidas de 3m x 3m de largura totalizando 9m² com pé direito de 3m. Foi utilizado 1248 CP's para o desenvolvimento do mesmo e 8 peças de madeiras para criação da cobertura que são ideal para o cultivo de plantas trepadeiras.

Figura 2 - Projeto 1 - Proposta para um pergolado.

Fonte: o autor.

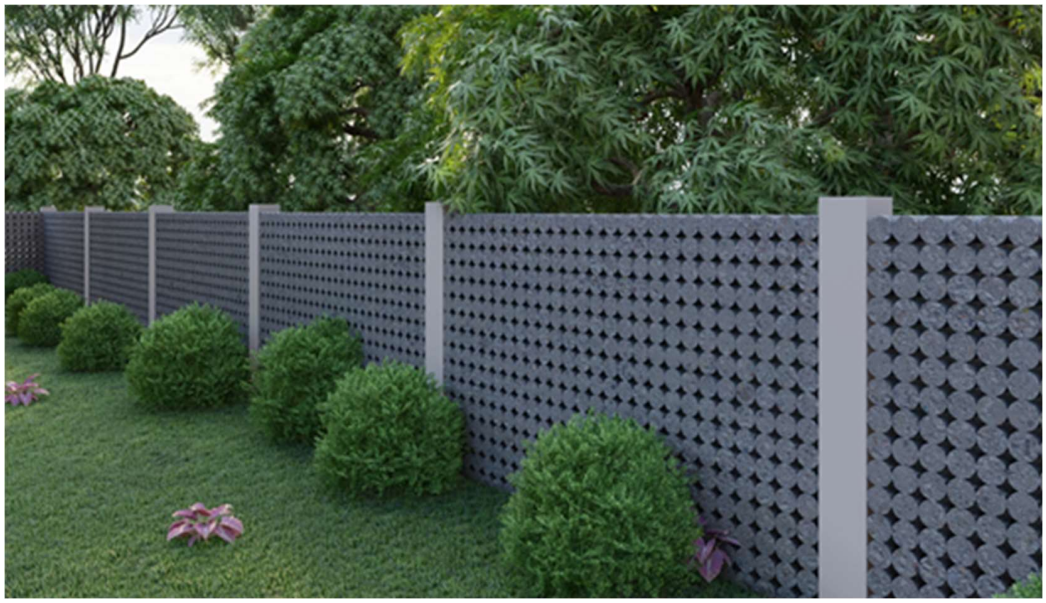
O projeto 2 - Depósito (Figura3), o projeto abaixo foi feito com as medidas de 3m x 3m de largura totalizando 9m² com pé direito de 3m. Foi utilizado 2660 CP's para o desenvolvimento do mesmo e um fechamento em laje para criação da cobertura.

Figura 3 - Projeto 2 – Proposta para Depósito.

Fonte: o autor

O projeto 3 - Muro ou Muro de arrimo (Figura 4), o projeto abaixo foi feito para um terreno de 17m de largura e 18m de comprimento, com as medidas de 2,6m de largura e 1,60m de altura, totalizando um perímetro de 53m. Foi utilizado 7488 CP's.

Figura 4 - Projeto 3 – Proposta para Muro ou Muro de Arrimo.



Fonte: o autor.

Os projetos têm como material principal os corpos de provas, material descartado pela empresa que pode sim ser reutilizado como demonstrado; é possível a reutilização do material para outros fins, bem como, utilização de outras classes. Queiroz (2018), trás um estudo de casos relatar ações e soluções para resíduos sólidos corpo de prova objetivando o redirecionamento para fins de paisagismo (passeio do jardim) e agricultura (canteiro), conclui-se que o reaproveitamento dos corpos de prova de concreto promove melhorias no ambiente físico, aumenta os índices de sustentabilidade ambiental do laboratório através da redução dos resíduos e diminuição quantidade de caçambas de lixo alocadas.

Carvalho (2018) também trata da reutilização do resíduo corpo de prova, o objetivo foi o reaproveitamento em piso a viabilidade da produção de pavimentação intertravados reciclados, concluiu que na análise dos quesitos técnicos, ambientais e econômicos, confirma-se que o melhor índice de substituição é o de 100% de agregado reciclado; é possível afirmar que a produção de pisos intertravados reciclados para tráfego de pedestres, veículos leves e veículos comerciais de linha é uma alternativa ambiental e economicamente viável, sendo executada de forma simples, eficaz e de baixo custo.

Segundo Mello (2015), utiliza o resíduo sólido de madeira da construção civil objetivando o reaproveitamento feito para geração de energia alternativa através do

potencial energético, conclui sua contribuição para as necessidades de energia da sociedade, uma vez que é um material 100% reutilizável, evitando desmatamentos e degradação.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo com um pequeno universo explorado, este estudo foi fundamental para compreender como ocorre descarte de resíduos sólidos provenientes da construção ou da demolição no campo da engenharia civil no município de Santarém-Pará, além disso é válido a reutilização/ redirecionamento de tais materiais. Nota-se que a realização de corpos de provas já contribui bastante com o meio ambiente e a sociedade como um todo.

Para que a reutilização tenha êxito, os resíduos devem ser tratados de maneira adequada e devem ser definidas metas de reutilização, redução e reaproveitamento que contribuam para que seja dada a esses resíduos a destinação sem interferência indevida. Mais ainda, que sejam observadas as disposições legais no sentido de estabelecer, em termos práticos, como serão postas em prática as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais.

Assim, com os projetos propostos conclui-se que é possível o reaproveitamento dos corpos de prova de maneira sustentável, promovendo melhorias no ambiente físico através da redução de tais resíduos, uma vez já redirecionados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13531**. Elaboração de projetos de edificações: atividades técnicas. Rio de Janeiro: ABNT, 1995a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13532**: Elaboração de projetos de edificações: arquitetura. Rio de Janeiro: ABNT, 1995b.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente. CONAMA. **Resolução CONAMA nº 307 - resoluções**. Brasília, 2002. 04 p.

BRASIL. **NBR 5738**. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**. Resíduos sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004. 77 p.

CARVALHO, R. A.; MORAES, A. C. Z.; MIZASSE, B. R.; NETO, M. F. Utilização de resíduos de corpos de prova de concreto para fabricação de pavimentação intertravada. **Inter Scientia**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 16-22, 2018.

EL HUSNY, J. C; FILHO, A. S; ANDRADE, E. B; CARVALHO, E. J. M.; BENCHIMOL, R. L; VELOSO, C. A. C; CORRÊA, J. R. V.; SOUSA, F. R. S. **Soja BRS candeia: Com-**

portamento na microrregião de Paragominas e Santarém, PA. Comunicado técnico, Belém, PA, 2006.

GALBINSKI, J. ISO publica nova edição da ISO 9001. **Banas Qualidade**, n. 199, 2008.

GRAEFF, Edgar A. **Uma sistemática para o estudo da teoria da arquitetura**. Trilhas Urbanas, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados sobre o município de Santarém. **Cidade**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

KOWALTOWSKI, Doris C.C. K. **O processo de projeto em arquitetura da teoria à tecnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LAWSON, B. **Como arquitetos e Designers Pensam**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

MELLO, F. S. Aproveitamento dos resíduos sólidos de madeira da construção civil para geração de energia alternativa. **Revista de Engenharia e Construção Civil**, Palmas, v. 3, n. 1, p. 32-41, 2016.

MOREIRA, D. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Discussão sobre a importância do programa de necessidades no processo de projeto em arquitetura**. 2009.

Manejo e Gestão de Resíduos da Construção Civil / Coordenadores. Brasília: CAIXA, 2005.

ORNSTEIN, S. W.; ROMÉRO, M. **Avaliação Pós-Ocupação do Ambiente Construído**. **Studio Nobel**, São Paulo, v. 2, n. 3, p.75-86, 1992.

PINTO, Marcelo Silva. **Adoção de Critérios Ambientais por parte das Empresas Envolvidas no Setor da Construção Civil:** uma Proposta de Entendimento Multidisciplinar, 2011.

QUEIROZ, D. C.; VARELA, K. M.; VIEIRA-FILHO, S. **Reaproveitamento de corpos de prova de concreto: estudo de caso**. Universidade vale do Rio Doce, 2018. Disponível em: http://meioambientepocos.com.br/Anais2018. Acesso em: 20 de abril de 2021.

SANTOS, Alexandre Leme dos. **Análise de iniciativas de gestão de RCD em um canteiro de obras na cidade de Santo Antônio da Platina – PR**. 2010. Paraná, 69. f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Pós-graduação). Construção de Obras Públicas, Universidade Federal de Curitiba, 2010.

SANTOS, A. N. **Diagnóstico da situação dos resíduos de construção e demolição (RCD) no município de Petrolina (PE)**. 2008. Recife, 111. f. Trabalho de Conclusão de curso (Mestrado). Universidade Católica de Pernambuco, 2008.

SILVA, I. L. S. **Plano De Gerenciamento De Resíduos Sólidos Da Construção Civil: Um Caso Em Santarém Pará, Brasil**. Regulamento Ambiental, Desenvolvimento e Inovação, Santarém, 2016. Disponível em: http://www.abes-rs.uni5.net/centraldeeventos/_arqTrabalhos/trab_20160919144717000000782.pdf. Acesso em: 20 de maio de 2021.

TAVARES-FILHO, A. C. **Transições entre os planos conceitual e material da concepção arquitetônica** em Louis I. Kahn. **Revista de Arquitetura**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 33-48, 2008.

TSUKAMOTO FILHO, A. A.; CAMPOS, M. N.; VASCONCELOS, L. M. R.; MATOS, S. P. Diversidade florística de um parque zoobotânico no município de Santarém-Pará. In: **VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, Caxambu-MG, 2007.

CAPÍTULO 27

BEHAVIOR OF RHEOLOGICAL PROPERTIES BY APPLYING TONER POWDER IN ASPHALT MIXTURES

Jéssica Wanderley Souza do Nascimento[1]
Caíque Assunção dos Santos[2]
Allefy Teles Sampaio[3]
Filipi Magalhães de Queiroz[4]
Thiago de Albuquerque Barreto[5]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.27

1 Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. https://orcid.org/0000-0002-1077-7142. jessica_souza08@yahoo.com
2 Universidade Federal do Amazonas - UFAM. caique.assuncaods@gmail.com
3 Universidade de Fortaleza - UNIFOR. telesallefy@gmail.com
4 Centro Universitário do Norte – UNINORTE. fildequeiroz@gmail.com
5 Centro Universitário do Norte – UNINORTE. t.abarreto89@gmail.com

ABSTRACT

In recent decades, advances in sustainable infrastructure have occurred with incredible precision. Since the constant disused materials allocated to the urban environment cause environmental degradation in a devastating way. It is known that modified asphalt binder with the addition of recyclable materials is playing an important role in the paving industry. Based on this context, this work aims to contribute to a better understanding of the behavior of the asphalt mixture by applying the use of printer toner waste as recyclable input. In the laboratory, dynamic-mechanical tests were produced to externalize the stiffness, intensifying the resistance to permanent deformation and fatigue damage; the triaxial test to determine the parameters of shear resistance, and susceptibility to humidity detriment, based on the Superpave methodology employing the addition of different contents of 4; 4.5 and 5% in the property of the Brazilian asphalt binder of conventional use (CAP 50/70). The results achieved in this research indicate that the addition of toner powder in the conventional binder causes positive results, minimizing the low performance and increasing in turn the flexibility and durability of the sidewalk.

Keywords: Sustainable Infrastructure. Asphalt Mixing. Printer Toner. Conventional Asphalt. Rheological Properties.

1 INTRODUCTION

Sustainable infrastructure has revolutionized the civil construction industry, since this concept results in both great savings and the minimization of environmental degradations. The reuse of recyclable materials in paving brings flexibility and durability to the sidewalk, as the addition of printer toner to the asphalt binder produces a porous mixture that increases the sidewalk's useful life. Therefore, technological innovations focusing on sustainable construction are no longer outdated, so they grow sharply.

Printer toner does not decompose naturally, when improperly abandoned, it represents a constant risk that can lead to soil, groundwater and air contamination with a highly toxic type of smoke. In addition, improper landfill disposal makes it difficult to compact, which substantially reduces the life of these landfills. The extraction of such aggregate causes a great environmental impact, besides causing a decrease in the internal shear resistance of the mixture.

The application of modifiers to improve the execution of asphalt materials when dependent on loading and the effects of climate has become an increasingly common practice in Brazil. Aiming to point out variation that can favor sustainable infrastructu-

re, the particularities of the asphalt binders were achieved by means of an experiment that integrates the Brazilian specification and a Dynamic Shear Rheometer handled to determine their rheological characteristics. Mechanical tests were conducted to characterize the stiffness, resistance to permanent deformation and fatigue damage, and susceptibility to moisture-induced damage of asphalt mixtures.

2 DEVELOPING

2.1 Asphalt mixture

Asphalt coatings, in their essence, are composed mainly of stone materials (aggregates) and binders (asphalt binders), with the fundamental function of resisting the demands of loads from traffic and distributing them to the underlying layers of sidewalk. In addition, they should provide road users with ideal rolling comfort and, above all, safety. In Brazil, most sidewalks present coatings or bearing layers composed of a mixture of stone aggregates, filler material and asphalt binders that have particular characteristics. The mixing of the materials is possible due to the binding properties of the binders, allowing their union in a satisfactory manner. This composite is generally called asphalt concrete (AC) or asphalt mix (BERNUCCI et al., 2008).

According to Ceratti (2015), when properly dosed and processed, asphalt mixtures ensure stability, flexibility, durability, impermeability (with the exception of the porous friction layer), resistance to fatigue and thermal cracking for the conditions for which they were designed.

Among the asphalt coatings, there are three distinct compositions of graduations, being dense or well graded, discontinuous or open. In addition to the coating layer or bearing shell, the AC can be used in bonding or binder layers and leveling or smoothing layers, which have distinctions as to the maximum diameter of the aggregates used, void volume and bitumen-empty ratio (PINTO e PREUSSLER, 2010).

There are several factors that influence the behavior and performance of asphalt concrete throughout its useful life. The following are highlighted: characteristics of the materials used (mineral aggregates, asphalt binders and additives), loads, humidity, temperatures, state of tension, aging and compaction methodology employed (SPECHT, 2004).

According to Bernucci (2008), the behavior of asphalt mixtures depends on the properties and characteristics of asphalt aggregates and binders. The aggregates influence more directly the resistance of the mixtures to the accumulation of permanent deformations, while the fatigue resistance is more related to the characteristics of the

binders. For a satisfactory performance, it is evident the importance of the selection of these materials, which must present a good interaction and adequate properties.

2.2 Asphalt mixing dosing

The first experiments in developing dosage methods date from the 19th century, more precisely the 1860s, when the material used at the time was tar, which fulfilled the function of today's asphalt binders, which is to serve as a binder for joining aggregates. It should be noted that the importance of the proportion of aggregates in the mixture was unknown and that the process of mixing the materials was not mechanized. In the 20th century, the manufactured asphalt became widely available and vehicle traffic was already considerable. Therefore, public works engineers considered and were concerned with developing specifications that would describe the properties of asphalt mixtures (ROBERTS et al., 1996).

Roberts (2002), points out that the first formal design method created for dosing asphalt mixtures was Hubbard-Field, conceived in the mid-1920s. Its goal was to determine the optimum asphalt binder content for coating layers and sand-asphalt bases. The test was to determine the maximum load that a standard-sized specimen would withstand when forced through a standard hole of smaller diameter. The load was then reported as a stability value which, through a graph, was related to the binder contents for determining the optimal design content. It is important to point out that originally the method was designed for dosing sand-salt mixtures and only then it was modified for application in mixtures with large aggregates.

From this first rational method for dosing asphalt mixtures, many others have emerged, especially the Hveem and Marshall methods. The Hveem method also aimed at finding the optimum binder content through the stability values of the mixtures. This content should be sufficient for there to be total coating of aggregates and adequate resistance (ROBERTS et al., 1996).

The Marshall dosage method originated in mid-1939 and was developed by engineer Bruce G. Marshall. The procedure consists basically in the manufacture of specimens with dimensions of 63.5 mm high and 101.6 mm in diameter, which must have a density close to that of field compacted mixtures. Criticisms are often made to the impact compaction mode and the stability test, in which tensile, compression and shear stresses are applied to the samples. Thus, a specific failure mode is not represented by the test (OLIVEIRA FILHO, 2007).

The Marshall method for dosing asphalt mixtures is still the most widely used in Brazil, however, some changes to the original design were made, such as the exclusion

of the creep parameter, which was a prerequisite for dosing, in addition to the insertion of the diametrical compression tensile strength parameter. Currently volumetric parameters are used to determine the optimum binder contente (VASCONCELOS, 2004).

2.3 Recycled printer toner refill

Toner is an ink supply formed by very fine particles of powder that mix carbon and polymers that can vary from manufacturer to manufacturer. The ink is stored inside the toner cartridge, which allows its replacement in a practical and safe way by the user. Entitled TonerPave, the input is more sustainable for exhaling less carbon dioxide (CO2) than conventional asphalt, in addition to having minimal pollutant to the ozone layer and ensuring the effectiveness in exterminating cracks and unevenness in roads. The high technology employs a chemical mixture that has as essential the Modified Toner Polymer (MTP), made by residue of toner powder from printers after corroded. When properly separated the toners made of plastic, wax, minerals and pigmentation, are collected and reused to produce the raw material of TonerPave, resulting in a modern type of asphalt, less polluting and more sustainable, where it is used in avenues and highways in Australia (TAMBLYN, 2014).

According to Tamblyn (2014), about 100 printer cartridges can compose approximately one ton of asphalt, producing a rigid material with greater durability and better cost benefit. They are in progress to be added to the technology, among them the use of the extraction of fragmented rubber dust from recycled tires for cars and trucks and residual acrylic paints.

The procedure is as efficient as conventional asphalt in extinguishing cracks, fissures and cracks in roads. However, an average of 13% of the toner in each container is used without using it, so 100 printer toner cartridges can pave about one megagram of asphalt and each megagram of the toner-based product used in the asphalt combination replaces 600 kg of bitumen and 400 kg of fine aggregates such as sand and soil. Toner is added to the mixtures as recycled oil, 40% more energy efficient than conventional bitumen production, with an equivalent saving of 270 kg of CO2 emissions per ton (TAMBLYN, 2014).

Tamblyn (2014), states that at the current rate of collection of printer cartridges, within the border of the city of Sydney, 14,500 tons of TonerPave can be manufactured each year, enough to pass 120,000 square meters of road, twice the demands of the council area. The toner recycled in the 12 months cooperated for more than 100,000 tons of asphalt manufacturing, so Australia used 750,000 tons of asphalt in 2014. The input does not lack specific equipment for its use, impregnating the applicability with

exactly the same machinery used by the bitumen-based waterproofing material handled in traditional execution. It is worth mentioning that these calculations would expand if the Australian citizens performed the correct disposal of the material.

3 MATERIALS AND METHODS

3.1 Materials

The materials that were used in the mixtures are: petroleum asphalt cement (PAC), toner powder, asphalt concrete (CA), gravel and etc. For the preparation of the binder is used equipment such as: sieves, scale, thermometer, distribution, rheometer and apparatus. For the execution of the test some steps were necessary, such as: collection and screening of toner powder; determination and granulometry of aggregates; incorporation of toner powder to CAP 50/70; confection of the proof bodies; dosage of Marshall.

The study is based on standardized laboratory tests with aggregates and asphalt mixtures conducted at the Civil Engineering Laboratory of the Federal Institute of Amazonas - East Zone Campus, located at Avenida Cosme Ferreira, No. 8045 - São José Operário, Manaus/AM.

3.2 Methods

In the laboratory, dynamic-mechanical tests were produced to externalize rigidity, intensifying resistance to permanent deformation and fatigue damage; the triaxial test to determine the parameters of shear resistance, and susceptibility to humidity detriment, based on the Superpave methodology using the addition of different contents of 4; 4.5 and 5% in the property of the Brazilian asphalt binder of conventional use (CAP 50/70) (Figure 1).

Figure 1 - Toner powder being prepared for granulometric screening.

Source: Data produced by the authors (2020).

The toner powder used for the test was supplied in heavy and sieved refill, as shown in Figure 2, the less thick they are incorporated into the CAP.

Figure 2 - Sieving of toner powder on a granulometric sieve.

Source: Data produced by the authors (2020).

For this procedure, screening was used to determine the particle size analysis of large aggregates and kids. Initially, the samples are prepared through the use of spreaders, until reaching the quantities indicated in the table of minimum mass, per test sample as shown in Table 1.

Table 1 - Minimum weight per test sample.

Maximum characteristic aggregate size (mm)	Minimum mass of test sample (Kg)
Small aggregates: 4,8	1
Large aggregates: 9,5	5
19,0	7
25,0	10
38,0	15
50,0	20

Source: Data produced by the authors (2020).

3.3 Sample preparation

3.3.1 Rotational viscosity

The viscosity was achieved by using a rotational viscosimeter (Brookfield brand) and a size 21 geometric meter, as stipulated by the reference standard ASTM D-4402/4402M - 15. This geometric meter is called a "spindle" with different depths that is able to tolerate various ranges of viscosity and temperatures. This experiment is widely applied to calculate the temperature of handling, transport, mixing and asphalt application. The experiments were performed according to ASTM D-4402/4402M - 15, in which the prototype was weighed in a convenient capsule of the equipment according to the worker's orientation, after this procedure there was the allocation of the container in the thermosel thus occurring the adjustment to temperature, we waited 30 minutes to start the rotation. Following this procedure, the rotation was activated, adjusting the torque between 10 and 98%, and the reading stabilization was expected for 10 minutes. Three readings were performed with 1-minute pauses as shown in Figure 3. After this procedure, the average of the readings was taken and the same process was performed for readings at various temperatures.

Figure 3 - Rotational viscosimeter used in viscosity tests.

Source: Data produced by the authors (2020).

3.3.2 Softening point (ball ring)

This experiment was performed according to specification ASTM-D36/36M - 14. In this specification it portrays the process for the determination of the softening point of pitch, tar and asphalt cements in the range of 30 to 175 ºC. The softening point of an input is established as the temperature value at which the density of the substance of an asphalt binder transitions from the plastic or semi-solid state to the liquid state. The softening point is the moving temperature at which the standardized metal ball passes through the ring (also standardized) nourished with the asphalt material, shocking a reference mold after having traversed an interval of 25.4 mm under specific requirements. Simply put, the test can occur as follows. The sample is cast and allocated in a mold that represents a brass ring. Then, for an interval of 30 minutes, it is frozen at room temperature, so the ring was kept suspended in a bath at controlled temperature (5±1) ºC for 15 minutes and, on it, a 3.5 g steel ball with 9.53 mm diameter was allocated.

The material was heated to a constant acceleration of heating (5 ºC/min) causing the sample to soften inside the ring and yield to the weight of the ball that moved at a precise distance. When the sample touched the bottom mold, the temperature was observed as the softening point.

The experiment proceeded with precision, with an oscillation between the results not exceeding 1 ºC, otherwise the experiment would have to be redone. In Figure 4, it

is plausible to observe the apparatus being used for the execution of the experiment, as well as a brief analysis in process of a temperature near the softening point.

Figure 4 - Softening point.

Source: Data produced by the authors (2020).

3.3.3 Ductility

The ductility of a bituminous input is established with the distance, measured in centimeters, with which a standardized specimen of this input is lacerated resigned to an inherent content in circumstances. Ductile asphalts have favorable binder substances than non-ductile asphalts, since they cause the flexibility of the asphalt mixtures used in sidewalks. However, ductility with increases manifest asphalts more susceptible to temperature changes, and low ductility manifest little susceptibility to temperature fluctuations. The determination of ductility performed according to ASTM D113 - 07 specification.

In this experiment, the asphalt binder was heated until the fluidity was completed, which must be reached around 140 ºC, then the input was allocated to the mold, allowing it to freeze for (35 ± 5) minutes at room temperature. After this procedure, the set was submerged in the water bath of the same temperature of the experiment and after (35 ± 5) minutes, the sample was removed from the bath and in sequence the excess was divided with a slightly heated spatula, so that its faces were flat.

The samples were submerged in the water bath, ensuring a temperature of (25.0 ± 0.5) ºC for (90 ± 5) minutes, proceeding with the extraction of the mold from the plate and the two lateral parts, being quickly allocated in the holes present in each end of the claws, in the ductilimeter hook.

Figure 5 - Determination of ductibility.

Source: Data produced by the authors (2020).

The sample content was carried out with a uniform distance of 5 cm/min ± 5.0% until the specimen ruptured, which corresponded to the rupture of an asphalt fillet that is expanding and minimizing the diameter of the cylinder in its central part. The ductility of the asphalt input caused a measurement in an equivalence printed on the wall of the equipment itself, given in centimeters. The mold and the equipment used in the ductility experiments are shown in Figure 5.

3.3.4 Dynamic shear rheometer (DSR)

This experiment was performed according to AASHTO specification T315 - 12, which points out the measures for determining the eminent degree of performance between temperatures from 6 to 88 ºC and then included the toner powder in the percentage of 15% in relation to the binder with an angular regularity of 10 rad/s handling the dynamic shear rheometer with a simultaneous tray geometry of (25.00 ± 0.05) mm. The purpose was to calculate the complex shear parameter (G*) and the phase angle (δ) in the sampling of asphalt input at a stipulated temperature. In Figure 6, it is possible to observe the equipment of the Anton Paar brand used to perform the tests.

Figure 6 - New geometry in DSR.

Source: Data produced by the authors (2020).

3.3.5 Diametral compression tensile strength

The test procedure adopted was the one recommended by specification DNIT 136/2017 - ME. For the realization of the RT, it was used a mechanical press that has the capacity to move the plunger at a speed of 0.8 mm/s ± 0.1 mm/s. The press + displacement meter system is connected to a computer which, by means of software, registers the data of the applied load and displacements during the test and, at the end, provides the breaking load, the maximum vertical displacement and the time elapsed until the sample breaks.

The test was conducted for each asphalt mixture in at least 3 cylindrical specimens, with a diameter of 100 mm ± 20 mm and a height between 60 mm and 65 mm, the final result being obtained by means of the average of the values. The samples were produced with a mass of 1,200 g, being applied 100 turns in the SGC, aiming to find a volume of voids of 4.0% ± 0.5% according to Figure 7.

Figure 7 - CP's in the compression press.

Source: Data produced by the authors (2020).

Figure 8 - Broken sample.

Source: Data produced by the authors (2020).

Bernucci et al. (2008), comment that typical RT values for newly shaped hot asphalt mixtures or soon after road construction are between 0.5 MPa and 2.0 MPa. High modulus mixtures, in turn, due to the high stiffness of the asphalt binder used, present values in the order of 2.0 MPa to 3.0 MPa as shown in Figure 8.

The triaxial test instigated the determination of the shear resistance parameters, and the susceptibility to humidity detriment according to Figure 9.

Figure 9 - Triaxial test.

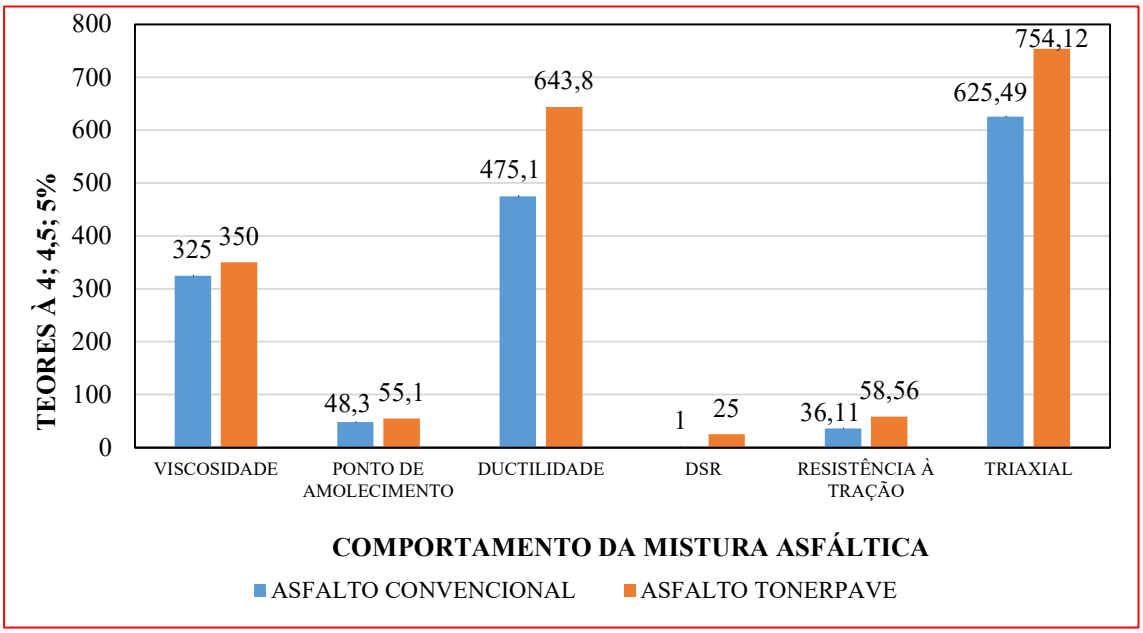
Source: Data produced by the authors (2020).

4 RESULTS AND DISCUSSION

The samples were examined over the course of associated tests in current Brazilian regulations as: rotational viscosity (ASTM D4402/4402M - 15), softening point (ASTM D36/D36M - 14), in which are the preeminent methods for the identification of genuine and adapted asphalt binders. We performed experiments with transparency and caution such as ductility (ASTM D113 - 07), dynamic shear rheometer (AASHTO T315 - 12) relatively, with the triaxial experiment.

Higher levels (above 5-6%) are capable of causing dilemmas so that the growth of viscosity in decline excess heat (less than 100 ºC) pertinent to the crystallization in the sustentation of the binder, successively is propitious to occur immense oscillation in the susceptibility as creation of cracks. Based on the results, where the levels of 4; 4.5 and 5 oscillated gradually the followings in accordance with the genuine CAP, in mass of the additional in relation to the mass of the binder for the followings of the other empirical and dynamic-mechanical experiments. The interference of the relationship of the additives with the asphalt binder externally increased the stiffness growth in the paving with the use of this material, thus increasing its durability, and consequently a better cost benefit. The upper and lower heat of the sidewalk were calculated by means of a calculation memorial drawn in the Superpave scheme, which correlated the maximum and minimum heat of the air with the latitude that led to the result of the sidewalk temperature regulating 2 cm below the surface according to Figure 10.

Figure 10 - Behavior of binders.



Source: Data produced by the authors (2020).

5 CONCLUSIONS

The dynamic-mechanical experiments pointed out benefit as mechanism for the distinction of asphalt binders, for correlating the excessive heat of the experiment with the temperature of sidewalk execution, through the performance degree test, as well as correlating elements such as mass and acceleration of motion flow in the selection of the asphalt binder. The high-grade binder with alteration caused greater mechanical performance among the tested prototypes, being designed for extra-heavy traffic elevation, this determines its preeminence in the dynamic-mechanical tests, in which it is plausible to select the appropriate binder for each paving job, thus ensuring a performance conducive to use and also preventing the elaboration of permanent deformation and fatigue cracking, prematurely.

On roads with weighted traffic volumes, unmodified asphalt binders are able to meet the necessary conditions with quality, but if the road is heavy traffic, the modified asphalt binder would be the most suitable binder to be used in the same way on roads with very heavy traffic or at low speeds. Another advantage of dynamic-mechanical testing is that it is conceivable to distinguish whatever the type of asphalt binder by means of this methodology, from simple unmodified binders to modified binders, and it is not necessary to regulate each category of modifier as is currently the case.

REFERENCES

AMERICAM SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS STANDARDS. ASTM **D4402/4402M - 15**, Standard test method for softening point of bitumen (ring-andball apparatus).

____. AMERICAM SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS STANDARDS. **ASTM D36/D36M-14**, Standard test method for softening point of bitumen (ring-andball apparatus).

____. **ASTM D113-07**, Standard test method for ductility of bituminous materials (withdrawn without a replacement on 28 January 2016).

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **AASHTO T315-12**, Standard method of test for determining the rheological properties of asphalt binder using a dynamic shear rheometer (DSR), 2012.

BERNUCCI, L. B., MOTTA, L. M. G., CERATTI, J. A. P., SOARES, J. B., **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros.** 1 ed. Rio de Janeiro, PETROBRAS/ABEDA, 2007.

CERATTI, J. A. P., BERNUCCI, L. B., SOARES, J. B., **Utilização de ligantes asfálticos em serviços de pavimentação.** 1 ed. Rio de Janeiro, ABEDA, 2015.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes. Diretoria de planejamento e pesquisa. Coordenação geral de estudos e pesquisa. Instituto de pesquisas rodoviárias. **Manual de pavimentação.** 3ª Ed. Rio de Janeiro, 2006.

OLIVEIRA FILHO, C. M. S., **Estudo do Efeito de Diferentes Granulometrias no Comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas Densas Descontínuas tipo Stone Matrix Asphalt (SMA).** Dissertação de mestrado, UFC, Fortaleza, CE, Brasil, 2007.

PINTO, S., PREUSSLER, E. S., **Pavimentação rodoviária: conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis.** 2 ed. Rio de Janeiro, Synergia/IBP, 2010.

PREGO, A. S. S. **A memória da pavimentação no Brasil.** Ed, ABVP. Guarulhos – SP, 2001.

RODRIGUES, R. M. **Estudo do trincamento dos pavimentos.** Tese de Doutorado em Engenharia – COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

RUBBER PAVEMENT ASSOCIATION – **RPA.** Asphalt-rubber/rubberized asphalt – there is the difference, 2001.

ROBERTS, F. L., KANDHAL, P. S., BROWN, E. R., LEE, D., KENNEDY, T. W., **Hot mix asphalt materials, mixture design, and construction.** 2 ed. Lanham, Maryland, National Asphalt Pavement Association Research and Education Foundation, 1996.

ROBERTS, F. L., MOHAMMAD, L. N., WANG, L. B., "History of Hot Mix Asphalt Mixture Design in the United States", **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 14, pp. 279-293, Jul/Aug. 2002.

SPECHT, L. P., **Avaliação de Misturas Asfálticas com Incorporação de Borracha Reciclada de Pneus.** Tese de doutorado, UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2004.

VASCONCELOS, K. L., **Comportamento Mecânico de Misturas Asfálticas a Quente Dosadas pelas Metodologias Marshall e Superpave com Diferentes Granulometrias.** Dissertação de mestrado, UFC, Fortaleza, CE, Brasil, 2004.

TAMBLYN, P. **Mistura de asfalto feita com toner de impressora reciclado.** Disponível em: https://www.adaptcartuchos.com.br/dicas-adapt/111-mistura-de-asfalto--feita-com-toner-de-impressora-reciclado.html. Acesso em: 15 de dezembro de 2020.

CAPÍTULO 28

DESENVOLVIMENTO DE UM SEGUIDOR SOLAR DE DOIS EIXOS BASEDO EM ARDUINO

DEVELOPMENT OF A TWO AXIS SOLAR FOLLOWER IN ARDUINO

João Victor Rebelo Viana[1]
Márlison Santos de Sá[2]

DOI: 10.46898/rfb.9786558890379.28

1 Centro Universitário da Amazônia. https://orcid.org/0000-0001-9659-4728. rebelo012@gmail.com
2 Centro Universitário da Amazônia. https://orcid.org/0000-0001-7470-2636. 270102987@prof.unama.br

RESUMO

O consumo energético só tende a aumentar, pensando nesse problema a busca por novas fontes de energia está cada vez mais acirrada. Dentre elas destaque-se a energia solar. Buscando maximizar a produção de energia por sistemas fotovoltaicos, pesquisa e inovação, na área, propuseram um sistema solar seguidor do rastro do sol, aumentando a capacidade de geração. O objetivo da presente pesquisa foi desenvolver um protótipo de um seguidor solar biaxial, direção norte-sul e leste-oeste de baixo custo e boa confiabilidade utilizando arduino. Para isso, foi necessário estudo sobre programação em arduino, funcionamento dos equipamentos e estudo sobre sistema fotovoltaico. Após a etapa de estudo foi implementado o algoritmo, e o circuito. Esperasse comprovar a eficácia do protótipo do algoritmo e circuito desenvolvido.

Palavras-chave: Energia solar. Solar tracker. Arduino.

ABSTRACT

Energy consumption only tends to increase, considering this problem the search for new sources of energy is increasingly fierce. Among them, solar energy stands out. Seeking to maximize the production of energy by photovoltaic systems, research and innovation in the area, they proposed a solar system that follows the trail of the sun, increasing the generation capacity. The objective of this research was to develop a prototype of a biaxial solar follower, north-south and east-west direction, of low cost and good reliability using arduino. For this, it was necessary to study the programming in Arduino, the operation of the equipment and the study about the photovoltaic system. After the study step, the algorithm and the circuit were implemented. He hoped to prove the effectiveness of the prototype of the developed algorithm and circuit.

Keywords: Solar Energy. Solar Tracker. Arduino.

1 INTRODUÇÃO

A utilização da energia elétrica é uma das chaves do mundo moderno, seu uso de forma não eficiente, isto é, utilizar a quantidade de energia maior que a realmente necessária em determinada atividade, ocorre em todos os segmentos da humanidade (residencial, comercial e industrial). Por conta desse problema, a busca para aumentar a quantidade de energia gerada é crescente, nisso a utilização de recursos renováveis vem ganhando destaque.

"A energia proveniente do sol é a alternativa renovável mais promissora para o futuro e, por este motivo tem recebido maior atenção e também mais investimentos. A radiação solar gratuita fornecida pelo sol pode ser captada por placas fotovoltaicas

e ser posteriormente convertida em energia elétrica. Esses painéis usualmente estão localizados em construções, como indústrias e casas, o que proporciona impactos ambientais mínimos. ” (Abdala, 2019).

A geração fotovoltaica, ou energia proveniente do sol, depende de variáveis (Solar Brasil, 2020) como radiação solar, composta por direta, difusa e refletida, do seu comportamento ao longo do dia e da geometria solar, composto pelo movimento de translação e rotação, tais conceitos serão explanados no tópico do referencial teórico.

No Brasil, a geração solar tem mais de 6,7 Ghw instalados, movimentou mais de 35 bilhões, empregou cerca de 200 mil pessoas, corresponde a, apenas, 1,7% da matriz energética brasileira, possuindo líderes em geração os estados de Minas Gerais (19,9%), Rio Grande do Sul (12,55%) e São Paulo (12,5%). O estado do Pará ocupada a posição 17º de acordo com ABSOLAR com 1,4%. (ABSOLAR, 2020).

Atualmente as melhores placas possuem eficiência de 20% geração e representam, aproximadamente, a 10% das placas produzidas mundialmente.

Buscando aumentar a eficiência o sistema solar o rastreador solar (solar tracker) foi proposto, capaz de acompanhar a trajetória do sol durante uma boa parte do tempo, gerando mais energia em espaço de mesmas dimensões de um sistema fixo. (Solar Brasil, 2020).

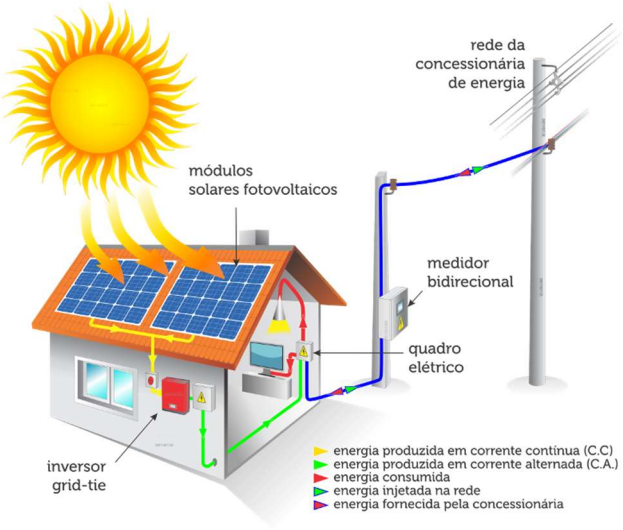
Diante das dificuldades econômicas enfrentada pelo Brasil e mundo, pensando na economia de recursos financeiros e tecnológicos nesse trabalho foi proposto do desenvolvimento de um solar tracker biaxial, de baixo custo e boa confiabilidade utilizando o microcontrolador Arduino.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Energias Renováveis – Energia Solar

Energia oriunda de fonte renovável é chamada de energia renovável, o seu conjunto é chamado de energias renováveis, que engloba energia solar, eólica, biomassa, hídrica, maremotriz (matriz) e geotérmica (calor do interior da terra). Sua principal característica é que são resultados de recursos naturais que se renovam. (Abdala, 2019). Dentre elas, a energia solar é a energia obtida através da captação da luz solar pelos painéis fotovoltaicos. As etapas da geração até a utilização no consumidor final são representadas na figura 01.

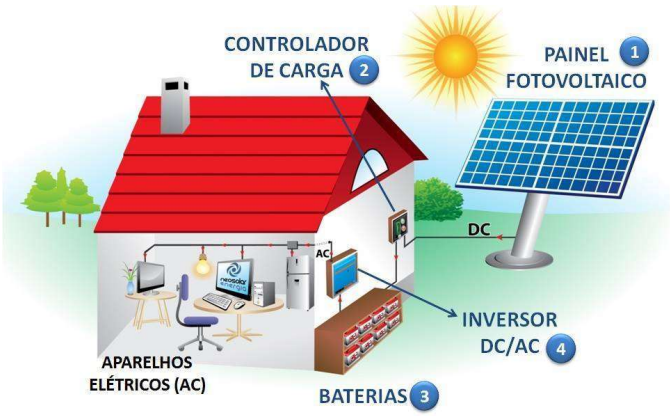
Figura 1 - Esquema de geração solar on grid.



Fonte: Luz Solar (2020).

A captação de energia resulta em energia de CC, essa passa pelo inversor que transforma a CC em CA, então passa a ser consumida e injentada na rede, no caso do sistema on grid. No caso off grid, depois da geração de energia de CC, essa passa pelo controlador de carga, responsável por controlar a quantidade de energia depositada nas baterias, após a deposito nas baterias a CC para o inversor que transformada CC para CA e então é utilizada no consumidor final, representando o esquema na figura 02.

Figura 2 - Esquema de geração Off grid.



Fonte: Neosolar (2020).

2.2 Variáveis do sistema solar

A eficiência do sistema depende dos fatores:

2.2.1 Eficiências da placa

Essa alcança no máximo 20% de eficiência (SOLAR,2020), tendo como principais representantes os fabricantes: Jikon Solar, Canandian Solar, Risen Energy, JA Solar e Hanwha Q-CELLS.

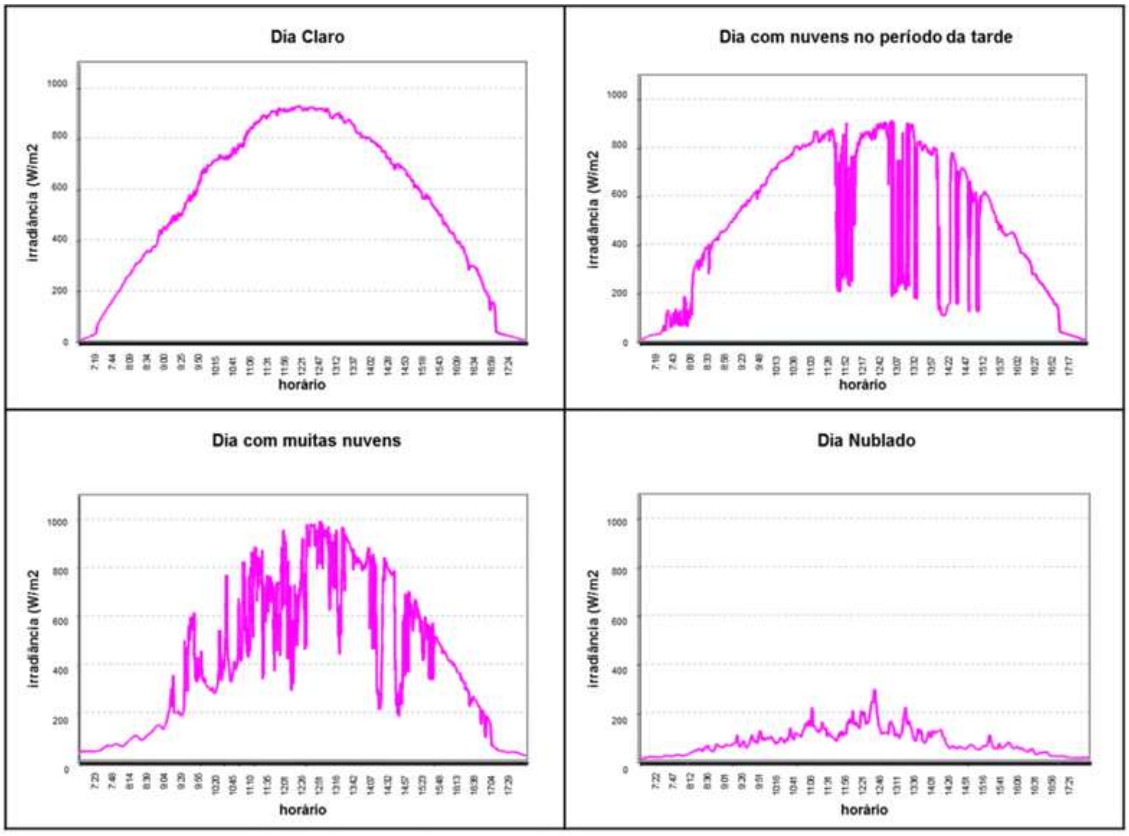
2.2.2 Radiação Solar

É compreendia como a energia emitida pelo Sol, sobre a forma de onde eletromagnética. Ela é composta por radiação direta, difusa e refletida. A radiação direta é aquela composta por raios paralelos direto do Sol. A radiação difusa é aquela que os raios são espalhados pela atmosfera terrestre refletidos pelas nuvens. E a radiação refletida é, como o próprio nome sugere, a refletida por qualquer superfície. Além disso é importante saber que a radiação não é distribuída de forma uniforme, pontos próximos a linha do Equador receber mais raios solares, por exemplo.

2.2.3 Irradiância

Com a irradiância pode-se calcular a energia recebida do sol num determinado período.

Figura 3 - Comportamento da Irradiância em condições climáticas diferentes do dia.



Fonte: Solarbrasil (2020).

A tabela 01 representa os dados solarimétrico mensais obtidos na plataforma do CRESESB, utilizados nos cálculos dos sistemas fotovoltaicos.

Tabela 1 - Dados sobre a Irradiação solar de Santarém.

Estação: Santarem
Município: Santarem , PA - BRASIL
Latitude: 2,501° S
Longitude: 54,749° O
Distância do ponto de ref. (2,426788° S; 54,729188° O) :8,6 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
☑	Plano Horizontal	0° N	4,57	4,63	4,45	4,26	4,35	4,70	4,57	5,06	5,01	5,43	5,39	4,82	**4,77**	**1,17**
☑	Ângulo igual a latitude	2° N	4,52	4,60	4,45	4,29	4,40	4,77	4,64	5,10	5,02	5,40	5,33	4,75	**4,77**	**1,12**
☑	Maior média anual	2° N	4,52	4,60	4,45	4,29	4,40	4,77	4,64	5,10	5,02	5,40	5,33	4,75	**4,77**	**1,12**
☑	Maior mínimo mensal	8° N	4,34	4,49	4,41	4,34	4,53	4,97	4,81	5,21	5,03	5,29	5,12	4,54	**4,76**	**,95**

Fonte: CRESESB (2019).

2.2.4 Geometria solar – Movimento de rotação e translação

O movimento de rotação é o movimento que a Terra faz em torno do próprio eixo, dura 24 horas e ocorre no sentindo anti-horario do oeste para leste. A luz do sol vai iluminando diferentes áreas, gerando os dias e noites.

O movimento de translação é o movimento que a Terra faz em torno do Sol de forma elíptica e origina os Solstícios e Equinócios, que modificam a exposição da Terra aos raios solares.

2.2.4.1 Solstício

São épocas em que os hemisférios norte e sul são desigualmente iluminados. O solstício de verão os dias são mais longes que as noites e no solstício de inverno as noites são mais longas que os dias.

2.2.4.1 Equinócios

São épocas que os hemisférios norte e sul são igualmentes iluminados. A duração dos dias e das noites são idênticas. A figura 05 representa esses movimentos.

Figura 4 - Datas e representação dos Solstício e Equinócios.

Fonte: Solarbrasil (2020).

2.2.4.1 Equinócios

O ângulo de inclinação ideal para o **painel solar fotovoltaico** seja um ângulo igual à latitude do local de instalação, a fixação plana da **placa solar fotovoltaica** não irá resultar numa grande diminuição no desempenho do sistema.

O ângulo de inclinação dos **módulos fotovoltaicos** deve permitir que o maior fluxo de Radiação incida sobre o painel solar fotovoltaico mais perpendicular possível.

2.2.5 Rastreador solar

É o sistema que permite que os módulos fotovoltaicos acompanhem o movimento do sol. De acordo com APPLEYARD, 2009 com um rastreador solar a eficiência de um sistema solar aumenta em até 35%. Rastreadores solares podeM ser divididos, quanto ao eixo, em:

2.2.5.1 Rastreador de um eixo

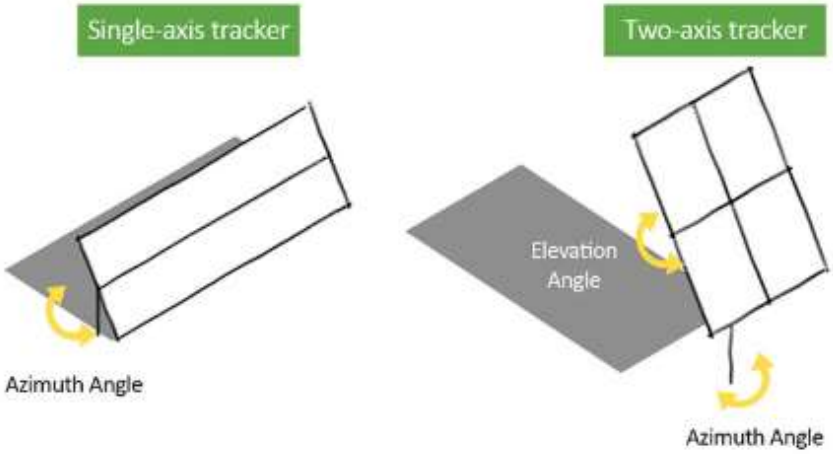
Rotação em eixo único: a rotação é feita com base em um único eixo, que pode ser vertical, horizontal ou oblíquo. Utiliza-se um atuador elétrico, que em muitos casos tem sua alimentação feita de forma externa, com o intuito de aumentar a eficiência total de geração.

2.2.5.2 Rastreador de dois eixos

Um desses eixos é usado para acompanhar a trajetória do Sol enquanto o outro é responsável por ajustar a sua inclinação. Desta forma, apresenta a melhor taxa de conversão de energia pois possibilita o acompanhamento de todos os movimentos solares.

Possui custo mais elevado que o caso anterior, pois sua estrutura e programação é mais complexa, ocupa mais espaço e está sujeito a mais esforços, devido ao peso maior.

Figura 5 - Representação dos sistemas de rastreador solar.



Fonte: Ecoaenergias (2020).

2.3 Componentes Utilizados

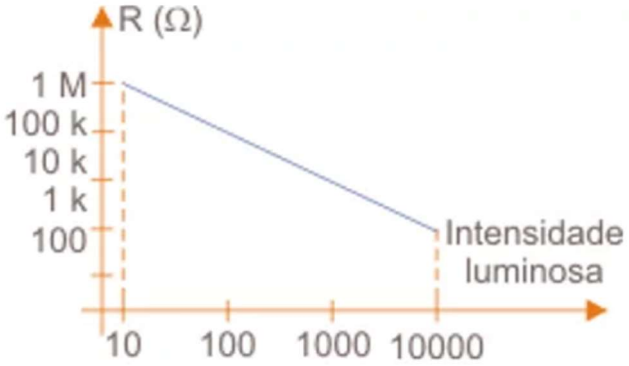
2.2.3.1 Sensor de Luminosidade LDR

Figura 6 - Sensor LDR.

Fonte: Cedraz (2021)

Variam a resistência através da variação de luz. Composto por sulfeto de cádmio, possui comportamento de sua resistência diminuir conforme existe um aumento na luminosidade. O inverso também é valido, com a perda de luminosidade a resistência aumenta.

Figura 07 - Gráficos Intensidade luminosa x Resistência do LD.

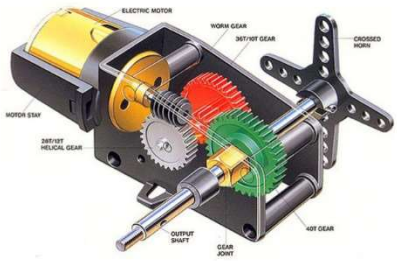


Fonte: Cedraz (2021)

2.2.3.2 Servo Motor

Os três principais constituintes desse componente são: o motor DC, o potenciômetro e o circuito de controle. A resistência do potenciômetro varia conforme a rotação do motor. O motor para de ser alimentado quando seu eixo alcança a posição desejada. A velocidade que o motor rotaciona é proporcional a diferença entre sua posição atual e a desejada. Quando o motor se aproxima da posição desejada a velocidade diminui.

Figura 8 - Modelo de servo motor com vista de seus componentes.



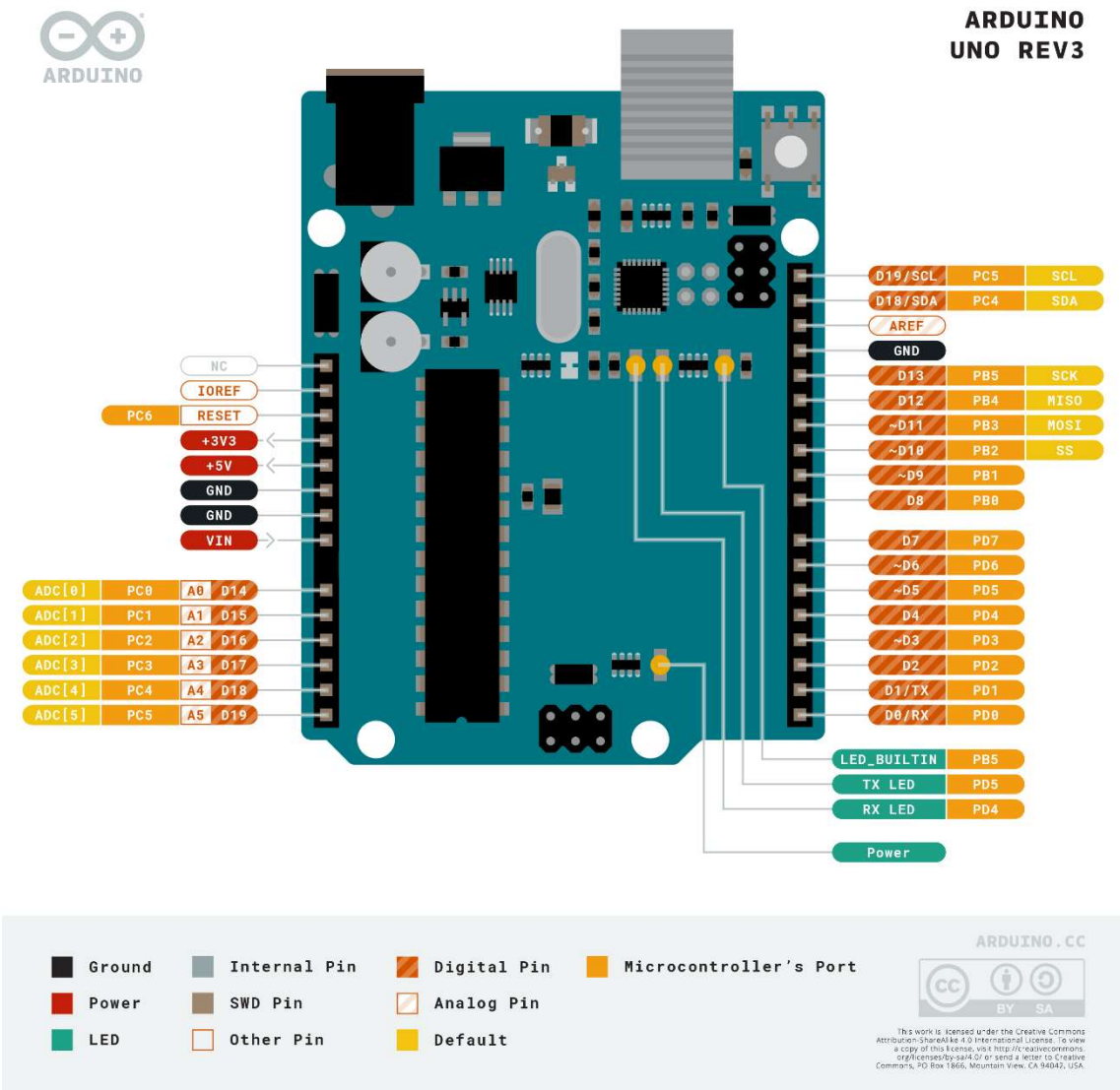
Fonte: Usinainfo (2020)

Os servos enviam sinais usando modulação PWM (Modulação por largura de pulsos). Servos, normalmente rotacionar 90°, 180º e 360º. O sistema PWM determina a posição do eixo rotacional e conforma a duração do pulso, a motor gira para a posição desejada.

2.2.3.4 Microcontrolador

Um microcontrolador é um circuito integrado contento memória, cpu e circuitos de entrada/saídas. Nesse projeto será utilizado o microcontrolador Arduino UNO.

Figura 9 - Micro controlador Arduino UNO.



Fonte: Arduino (2021l)

Do total de 28 pinos, 14 são entradas/saídas digitais e 6 são entradas/saídas analógicas. O Servo motor é acionado ao receber um sinal PWM da placa que obtido com o uso da função timer de um micro controlador. Como o Arduino possui um gerador PWM de 8 bits, temos a nossa disposição até 256 sinais distintos. Também conta uma biblioteca exclusiva para servo que se encarrega dos cálculos de modulação.

3 METODOLOGIA

3.1 Materiais utilizados

Para a construção do circuito foi utilizado o software Fritzing, na versão 0.8(FRITZING, 2021), uma plataforma open-source para construção de circuitos em arduino.

O protótipo contará com: um conjunto de cinco sensores luminosos LDR (Light Dependent Resistor), dois servos motores responsáveis pela movimentação da estru-

tura, uma placa arduino UNO, que contém um microcontrolador embutido e um protoboard.

Para o protótipo realizar o movimento do sol, quatros LDR's serão posicionados em um formato semelhante ao um quadrado de forma a variação da luminosidade irá variar as resistências dos componentes. Realizado essa etapa os sensores fornecerão tensão variável de sinal de entrada para o microcontrolador. Cabe ao microcontrolador decidir se o conjunto irá realizar um rastreio nos sentidos norte-sul ou leste-oeste. O quinto LDR ficará no centro do quadrado, com a finalidade de ser utilizado nas medições realizadas no teste do protótipo.

Será utilizado um divisor de tensão para obter o valor da tensão correspondente a sua resistência. Um resistor de 10kΩ será inserido para garantir que a tensão de saída do sensor aumente à medida que exista um aumento na luminosidade. Comparando os valores obtidos, o algoritmo decidirá se o servo motor será acionado ou não.

A queda pelo divisor de tensão é dada por:

$$V_o = V_{cc} + \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Equação divisor de tensão.

Em que:

V_o é a tensão de saída

V_{cc} é a tensão de fornecimento do sistema

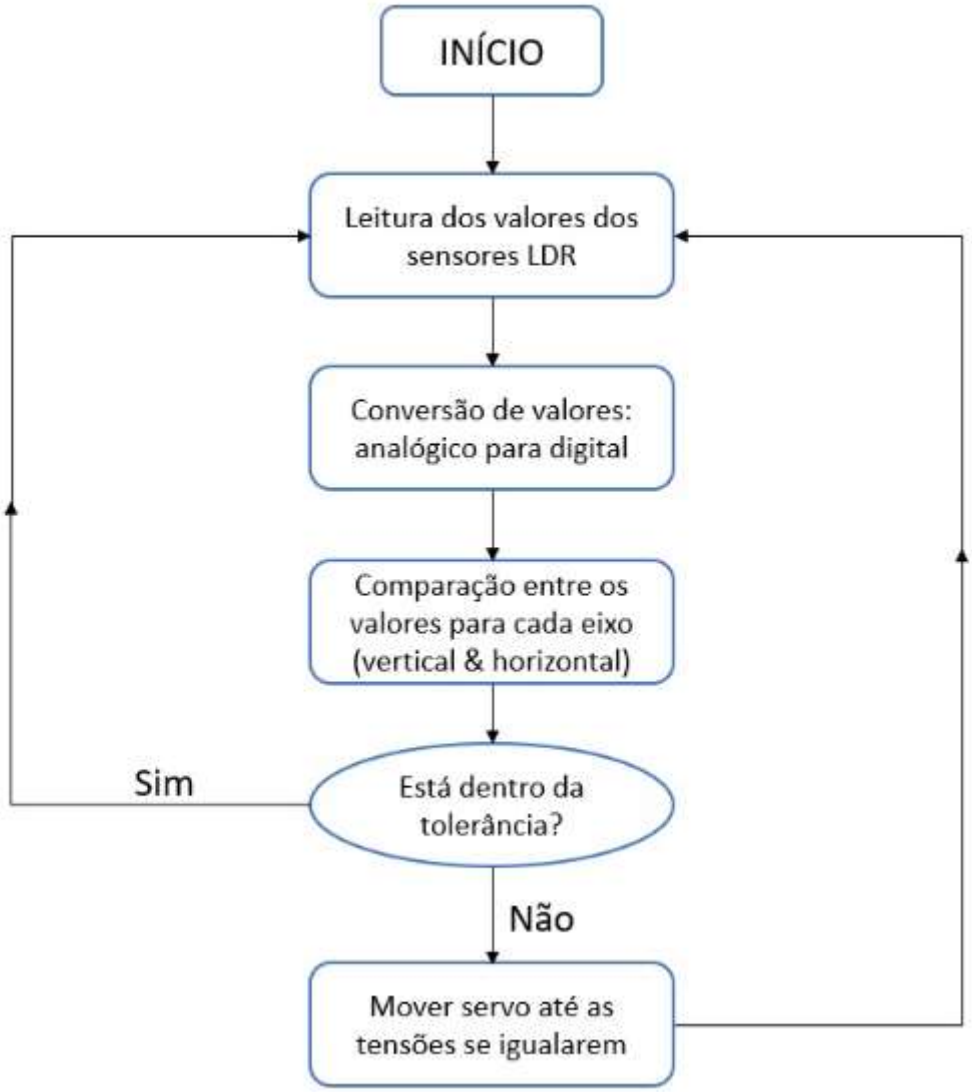
R_1é a resistência pré-definida de 10k

R_2 é a resistência variável do LDR.

3.2 Programação – Implementação dos algoritmos

Um solar tracker biaxial pode seguir o fluxograma de funcionamento abaixo (Farias, 2019). Optou-se por utilizar o mesmo fluxo de execução do algoritmo do seguidor solar biaxial.

Figura 10 - Fluxograma de funcionamento do solar tracker.



Fonte: Faria (2019).

A primeira etapa é a leitura dos valores de tensões nos LDR's, após dá início a comparação dos valores, se a diferença entre a média das tensões dos dois sensores posicionados no canto superior da placa com a média das tensões dos outros dois sensores localizados no canto inferior da mesma encontra-se dentro da tolerância. Senão, um sinal é enviado ao servo motor responsável pelo eixo vertical para ajuste da angulação. Em seguida é realizado o teste para os sensores do canto esquerdo com a média das tensões referentes ao lado direito. Se a média estiver fora da tolerância, o sinal é enviado para o servo do eixo horizontal. O processo é repetido nas ocasiões em que os sensores divergirem de tensões.

Quatro LDR's estão posicionados na forma de um quadrado imaginário para captar a luminosidade e um no centro para realizar os futuros testes de campo.

As entradas do sistema são analógicas e são conectados os pinos A0, A1, A2, A3 e A4, com A0 LDR central, A1 LDR superior esquerdo, A2 LDR inferior esquerdo, A3 LDR superior direito e A4 inferior direito. As entradas digitas 8 e 9 correspondem aos seus respectivos servos motores, e alimentando o circuito temos a pinagem de 5V.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O código do Solar Tracker fundamenta-se comparar a média dos valores de tensões dos LDR's para realizar seu posicionamento, resultando em 11 condições encandeadas. Abaixo segue o trecho do código com as condições implementadas:

```
if (-1*tol > dvert || dvert > tol) // verifica se a diferenca esta dentro datolerancia
senao muda o angulo do Servo vertical
{
if (avt > avd)
{
        servov = ++servov;
        if (servov > servovLimitHigh)
        {
        servov = servovLimitHigh;
        }
}
else if (avt < avd)
{
        servov= - -servov;
        if (servov < servovLimitLow)
{
        servov = servovLimitLow;
}
}
vertical.write(servov);
}
if (-1*tol > dhoriz || dhoriz > tol) // verifica se a diferenca esta dentro datolerancia
senao muda o angulo do Servo horizontal
{
```

```
if (avl > avr)
{
        servoh = –servoh;
        if (servoh < servohLimitLow)
        {
        servoh = servohLimitLow;
        }
}
else if (avl < avr)
{
        servoh = ++servoh;
        if (servoh > servohLimitHigh)
        {
        servoh = servohLimitHigh;
        }
}
else if (avl = avr) // checa se a media dos LDRs na esquerda e igual a mediados
LDRs na direita
{
// nenhum comando
}
horizontal.write(servoh);
}
```

O valor de tolerância escolhido foi 25 e o delay entre as rotações do Servo foi de 15. Como indicado nas suas respectivas variáveis.

```
int dtime = 15; // valor do delay entre as rotacoes do Servo

int tol = 25; // valor estabelecido de tolerancia
```

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação do algoritmo, via IDE Arduino foi um sucesso, não obteve erros durante a execução do código. A montagem via Fritzing também ocorreu de forma satisfatória, corroborada pelos pontos verdes na figura 11, que indicam que todos as conexões foram realizadas com sucesso.

Além disso, a construção do sistema serviu como ferramenta didática tendo em vista que foi desenvolvido foi multidisciplinar, pois áreas da tecnologia, como programação, lógica de programação e noções de circuitos elétricos.

Com o avanço do meio de industrial, junto com o apoio em pesquisa e desenvolvimento, a tecnologia Solar Tracker torna-se cada mais realidade para a maior parte da população brasileira. Todavia, enquanto essa tecnologia não chega, plataformas de baixo custo, como Arduino, são uma das melhores alternativas para desenvolvimento de tais sistemas.

Em um mundo em que o consumo energético só tendo a aumentar, tecnologias que buscar eficiência energia são destaques na área, a tecnologia fotovoltaica é uma das promissoras. Nas áreas da engenharia a busca por eficiência é um dos maiores temas de pesquisas e continuará sendo, pois no mundo moderno, a energia elétrica, seja para sistemas conectados à rede ou isolados, é vital para sobrevivência da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESCO. **O que é eficiência Energética.** Disponível em: < http://www.abesco.com.br/pt/o-que-e-eficiencia-energetica-ee/>. Acessado em 16 de novembro 2020.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas publicadas. Disponível em: < https://tinyurl.com/tyr4p4vf >. Acesso em: 10 fevereiro 2021.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5410. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: < https://tinyurl.com/au4wm6tf>. Acesso em: 10 fevereiro 2021.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6937 – Técnicas de ensaios em equipamentos elétricos de alta tensão - 2016. Disponível em: < https://tinyurl.com/2dcczypf>. Acesso em: 10 fevereiro 2021.

ARDUINO. Arduino Store. Disponível em < https://store.arduino.cc/usa/arduino--uno-rev3>. Acessado em 04 de abril de 2021.

CEDRAZ, Fábio. Laboratório de Eletrônica. Disponível em <https://cedrazservice.wixsite.com/site/fotoresistor>. Acessado em 04 de abril de 2021.

Energia solar e eólica [recurso eletrônico] / Organizador Paulo Jayme Pereira Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019.

FARIA, Gustavo Duarte. **Desenvolvimento de um protótipo de Seguidor Solar biaxial/Gustavo de Faria Duarte**. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2019

FRITZING. **An Open-Source hardware initiative.** Software. Disponível em: < https://fritzing.org/>. Acessado em 21 de maio de 2021.

LUZ SOLAR. **Como funciona o sistema fotovoltaico.** Disponível em: <https://luz-solar.com.br/como-funciona-o-sistema-fotovoltaico/>. Acessado em 15 de novembro 2020.

NEOSOLAR. **Sistemas de energia solar.** Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes> . Acessado em 15 de novembro 2020.

PEREIRA, Narlon Xavier. **Desafios e Perspectivas da Energia solar fotovoltaica no Brasil: Geração Distribuída VS Geração Centralizada,** Dissertação de Mestrado, Sorocaba, Unesp, 2019.

PORTALSOLAR. **Tudo sobre a eficiência do Painel solar**. Site. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/tudo-sobre-a-eficiencia-do-painel-solar.html>. Acessado em 21 de maio de 2021.

SÁ, Márlison de Santos de. **Desenvolvimento de um sistema robótico "Solar Tracker " Duo – Axial.** Monografia. Universidade Federal do Pará. 2013.

SOLAR BRASIL. **A importância dos conceitos de energia solar fotovoltaica para seu sistema.** Disponível em: <https://www.solarbrasil.com.br/blog/a-importancia-dos--conceitos-de-energia-solar-fotovoltaica-para-seu-sistema/>. Acessado em 15 de novembro de 2020.

SOLAR BRASIL. **Conceitos de energia solar: variação ao longo do dia.** Disponível em: <https://www.solarbrasil.com.br/blog/conceitos-de-energia-solar-fotovoltaica--como-a-radiacao-solar-varia-ao-longo-do-dia/>. Acessado em 15 de novembro 2020.

SOLAR BRASIL. **Conceitos de energia solar: geometria solar e movimentos de rotação, translação, solstício e equinócio.** Disponível em: <https://www.solarbrasil.com.br/blog/conceitos-de-energia-solar-geometria-solar-movimentos-de-rotacao-translacao-solsticio-e-equinocio/>. Acessado em 15 de novembro 2020.

SOLAR BRASIL. **Conceitos de energia solar: geometria solar ângulo de inclinação do painel solar fotovoltaico.** Disponível em: <https://www.solarbrasil.com.br/blog/conceitos-de-energia-solar-fotovoltaica-geometria-solar-angulo-de-inclinacao-do-painel-solar-fotovoltaico/>. Acessado em 15 de novembro 2020.

USINAINFO. Componentes eletrônicos. Disponível em <https://www.usinainfo.com.br/>. Acessado em 18 de setembro de 2020.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acordo 17, 18, 21, 35, 49, 65, 94, 102, 103, 104, 120, 122, 124, 151, 155, 160, 165, 166, 168, 170, 171, 174, 175, 177, 178, 185, 186, 187, 188, 199, 201, 202, 211, 212, 214, 215, 217, 220, 227, 228, 229, 232, 234, 235, 236, 239, 252, 253, 256, 258, 261, 267, 272, 273, 278, 283, 284, 286, 287, 288, 301, 303, 304, 305, 307, 322, 323, 324, 325, 333, 335, 336, 338, 339

Água 30, 31, 32, 33, 34, 38, 39, 89, 91, 95, 104, 106, 109, 119, 131, 153, 165, 174, 175, 176, 177, 182, 184, 188, 189, 192, 193, 196, 200, 201, 205, 227, 228, 229, 236, 237, 238, 240, 241, 242, 252, 283, 284, 300, 303, 304, 305, 308, 315, 317, 318, 319, 320, 321, 333, 335, 338

Alunos 44, 46, 47, 48, 50, 52, 53, 55, 57

Amazônia 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 71, 98, 99, 100, 101, 108, 109, 110, 114, 117, 133, 149, 163, 207, 249, 265, 320, 321, 329, 341

Ambientais 12, 13, 15, 21, 22, 58, 90, 96, 102, 103, 104, 109, 112, 140, 198, 199, 200, 201, 203, 204, 205, 230, 304

Análise 12, 13, 22, 23, 26, 31, 33, 34, 38, 55, 63, 84, 89, 92, 93, 100, 103, 110, 120, 125, 143, 144, 146, 158, 164, 166, 167, 178, 211, 212, 217, 218, 219, 220, 240, 251, 253, 260, 262, 267, 282, 283, 284, 285, 289, 290, 294, 295, 296, 300, 314, 321, 324, 330, 340

B

Brasil 14, 15, 20, 23, 30, 32, 33, 34, 38, 40, 45, 46, 58, 69, 78, 88, 91, 92, 94, 97, 100, 101, 102, 103, 109, 114, 118, 119, 120, 124, 130, 131, 135, 148, 150, 151, 182, 199, 201, 205, 206, 211, 227, 229, 230, 231, 233, 247, 266, 267, 280, 284, 297, 301, 302, 311, 312, 315, 318, 336

C

Cargas 72, 73, 79, 80, 81, 83, 105, 108, 112, 121, 122, 151, 154, 210, 213, 214, 251, 252, 256, 257, 283, 284, 332, 335, 338

Cimento 169, 173, 175, 176, 177, 182, 183, 184, 185, 188, 189, 191, 192, 193, 194, 227, 228, 229, 230, 232, 235, 236, 237, 238, 242, 244, 246, 252, 300, 301, 303, 305, 308, 309, 310, 311, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 327, 328, 333

Combustíveis 102, 104, 109, 113, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 206

Concreto 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 234, 235, 236, 238, 239, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 250, 252, 253, 254, 255, 257, 259, 260, 261, 262, 263, 297, 300, 301, 303, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 321, 322, 323, 324, 326, 327, 333, 334, 335, 336, 338, 339, 341

Construção 14, 92, 95, 131, 135, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 177, 178, 182, 183, 185, 186, 191, 195, 198, 203, 204, 205, 227, 228, 229, 231, 244, 245, 247, 250, 251, 252, 263, 273, 282, 283, 286, 288, 290, 296, 301, 303, 305, 314, 315, 326, 327, 330, 335, 338

Consumo 31, 32, 37, 38, 39, 55, 101, 102, 105, 109, 120, 125, 126, 127, 135, 168, 188, 189, 193, 205, 209, 231, 236, 237, 238, 242, 243, 244, 252, 253, 300, 310, 315, 320, 331

Controle 14, 24, 62, 63, 65, 68, 69, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 82, 84, 103, 106, 107, 112, 123, 144, 184, 188, 189, 194, 195, 196, 200, 204, 245, 266, 271, 274, 275, 285, 287, 300, 309, 314, 315

D

Dados 12, 13, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 31, 32, 33, 34, 36, 38, 39, 47, 48, 49, 51, 53, 54, 55, 58, 62, 63, 80, 92, 93, 100, 103, 110, 114, 119, 124, 125, 126, 130, 142, 155, 158, 159, 160, 161, 164, 171, 186, 189, 199, 208, 209, 211, 212, 216, 218, 219, 239, 241, 259, 262, 274, 275, 277, 289, 291, 294, 324

Desempenho 20, 49, 51, 55, 60, 61, 62, 69, 108, 113, 124, 139, 140, 147, 167, 168, 170, 171, 176, 183, 186, 190, 191, 193, 194, 200, 211, 231, 283, 286, 287, 288, 296

Desenvolvimento 9, 13, 15, 21, 27, 45, 46, 48, 56, 64, 67, 68, 78, 79, 80, 93, 96, 100, 101, 102, 104, 109, 114, 134, 135, 165, 166, 172, 173, 178, 182, 183, 209, 227, 250, 251, 257, 279, 282, 301, 302, 315, 318, 341

Desmatamento 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 89

Dispositivos 49, 72, 73, 74, 75, 77, 79, 80, 82, 83, 84, 106, 109, 112, 123, 124, 151, 161, 177, 213, 269, 274, 279

E

Edificação 79, 113, 127, 251, 253, 256, 257, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 289, 290, 291, 293, 294, 295, 296

Elementos 21, 92, 139, 169, 172, 174, 176, 177, 251, 252, 254, 256, 258, 259, 267, 283, 285, 289, 290, 301, 305, 326

Elétrica 73, 79, 80, 83, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 131, 136, 137, 138, 139, 150, 151, 153, 154, 156, 162, 192, 208, 209, 210, 211, 212, 213,

216, 221, 222, 223, 268, 280, 302

Energia 79, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 127, 129, 136, 137, 138, 139, 148, 150, 151, 154, 156, 162, 192, 208, 209, 210, 211, 212, 215, 216, 217, 220, 221, 222, 223, 266, 267, 268, 269, 271, 278, 280, 300, 302

Engenharia 4, 9, 59, 84, 85, 104, 111, 114, 179, 195, 196, 222, 246, 247, 262, 263, 279, 280, 293, 296, 297, 315, 320, 327

Equipamentos 73, 74, 75, 76, 83, 84, 109, 111, 112, 120, 125, 126, 134, 136, 139, 140, 143, 144, 145, 147, 150, 161, 184, 186, 199, 201, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 220, 221, 230, 266, 288, 318, 334

Estrutura 46, 55, 67, 79, 83, 105, 111, 165, 167, 170, 171, 172, 174, 177, 178, 180, 194, 199, 228, 250, 251, 252, 253, 256, 257, 258, 259, 261, 262, 268, 269, 273, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 289, 293, 296, 306, 332, 338, 339

Estudo 15, 17, 22, 24, 30, 31, 32, 39, 47, 49, 55, 60, 68, 88, 89, 91, 95, 96, 97, 100, 101, 110, 118, 119, 124, 135, 143, 144, 145, 147, 150, 159, 166, 170, 171, 177, 178, 183, 184, 187, 198, 204, 208, 210, 211, 220, 226, 230, 232, 234, 235, 252, 261, 262, 282, 283, 286, 289, 290, 296, 314, 315, 330, 331, 338, 340, 341, 342

I

Ibge 15, 16, 17, 20, 25, 32, 34, 40, 46, 88, 89, 91, 97, 102, 110, 199

Informações 22, 47, 51, 54, 74, 75, 80, 81, 83, 88, 89, 92, 96, 97, 109, 110, 112, 125, 143, 145, 170, 171, 179, 216, 217, 251, 256, 257, 282, 290, 331

Instalação 50, 52, 74, 79, 80, 105, 110, 113, 119, 124, 128, 140, 144, 145, 200, 201, 204, 205, 210, 215, 216, 266, 273

M

Manutenção 50, 51, 55, 68, 79, 80, 108, 112, 125, 128, 129, 130, 134, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 151, 161, 164, 165, 166, 167, 170, 171, 172, 173, 178, 179, 182, 203, 204, 228, 257, 282, 286, 288, 290, 296, 297, 330, 337, 338, 340

Materiais 79, 90, 92, 104, 122, 135, 146, 147, 150, 151, 152, 164, 165, 167, 168, 172, 173, 174, 176, 177, 183, 184, 185, 192, 193, 195, 205, 210, 226, 227, 229, 230, 231, 233, 235, 236, 238, 240, 242, 243, 244, 245, 254, 255, 269, 273, 282, 283, 286, 291, 300, 301, 302, 304, 306, 308, 310, 314, 315, 317, 318, 319, 321, 327, 335, 336, 338

O

Obra 50, 52, 134, 135, 136, 145, 148, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 204, 228, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 260, 261, 262, 282, 286, 338

P

Pará 13, 23, 58, 78, 87, 88, 89, 91, 97, 101, 110, 113, 114, 118, 148, 150, 151, 183, 186, 188, 208, 209, 220, 239, 266, 267, 283, 321, 324, 326, 327, 331, 337, 338, 340

Pavimentação 134, 135, 136, 138, 147, 148, 300, 301, 303, 306, 307, 310, 311, 330, 331, 332, 337, 338, 339, 340, 341

Pesquisa 21, 25, 34, 44, 46, 47, 54, 55, 56, 57, 58, 69, 92, 93, 98, 110, 113, 115, 124, 130, 143, 164, 166, 169, 177, 178, 179, 183, 186, 191, 203, 208, 210, 216, 221, 231, 289, 290, 296, 314, 326, 330, 331, 340, 341

Plástico 183, 253, 300, 301, 302, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311

Processo 13, 31, 44, 50, 52, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 72, 89, 90, 94, 95, 101, 105, 107, 113, 134, 136, 145, 167, 169, 172, 173, 174, 176, 178, 185, 203, 238, 251, 269, 277, 283, 287, 290, 300, 301, 302, 307, 309, 310, 315, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 326, 331, 333, 334, 336, 338, 340

Produção 14, 31, 44, 45, 48, 50, 61, 62, 64, 66, 101, 102, 103, 104, 105, 109, 114, 119, 121, 135, 137, 140, 141, 146, 147, 182, 185, 188, 189, 192, 193, 227, 232, 235, 254, 266, 269, 278, 279, 302, 310, 316, 318, 319, 320, 322, 327, 333

Programa 53, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 119, 167, 178, 257, 258, 274, 286, 289

Projeto 14, 50, 51, 52, 55, 64, 65, 68, 72, 73, 74, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 92, 106, 109, 111, 112, 113, 115, 120, 131, 147, 165, 167, 168, 170, 171, 178, 186, 187, 190, 191, 192, 193, 226, 250, 251, 252, 262, 268, 271, 283, 285, 286, 287, 296, 297, 305, 315, 331, 335, 338, 339, 340

Q

Qualidade 4, 9, 22, 32, 44, 45, 47, 48, 54, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 68, 69, 72, 73, 84, 100, 101, 102, 123, 131, 135, 136, 140, 170, 178, 182, 183, 184, 200, 205, 209, 210, 211, 216, 217, 221, 222, 226, 227, 228, 259, 287, 288, 296, 300, 305, 314, 315, 327, 338, 340, 341

R

Região 13, 16, 17, 30, 32, 33, 37, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 101, 103, 109, 110, 113, 118, 119, 120, 130, 193, 194, 209, 221, 226, 227, 230, 235, 257, 315, 320

Resistência 35, 150, 151, 154, 155, 156, 159, 160, 161, 170, 171, 173, 174, 175, 176, 182, 183,

184, 186, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 226, 227, 228, 229, 231, 236, 239, 244, 245, 252, 253, 257, 260, 272, 275, 284, 293, 301, 303, 305, 307, 308, 309, 310, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 324, 326, 331, 338

Resultados 12, 13, 15, 36, 44, 46, 54, 56, 60, 67, 80, 92, 96, 100, 101, 113, 130, 131, 134, 146, 150, 159, 160, 161, 164, 169, 170, 173, 177, 182, 188, 189, 193, 211, 212, 220, 239, 240, 242, 243, 244, 251, 257, 277, 278, 279, 282, 284, 300, 308, 314, 316, 319, 321, 324

Rio 26, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 44, 45, 58, 69, 84, 85, 88, 90, 91, 95, 96, 97, 98, 113, 131, 147, 148, 161, 162, 179, 194, 195, 196, 206, 245, 262, 296, 326, 327, 341

S

Santarém 26, 71, 78, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 110, 113, 114, 118, 124, 125, 130, 150, 151, 156, 157, 183, 186, 188, 191, 208, 209, 222, 226, 227, 234, 251, 257, 266, 267, 282, 283, 289, 296, 311, 321

Sistema 14, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 55, 63, 68, 72, 73, 74, 75, 78, 79, 83, 97, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 118, 119, 121, 122, 123, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 144, 150, 161, 162, 168, 170, 171, 201, 209, 210, 212, 214, 215, 216, 221, 255, 266, 267, 269, 270, 273, 275, 276, 278, 279, 282, 287, 306, 330, 331, 334, 336, 340

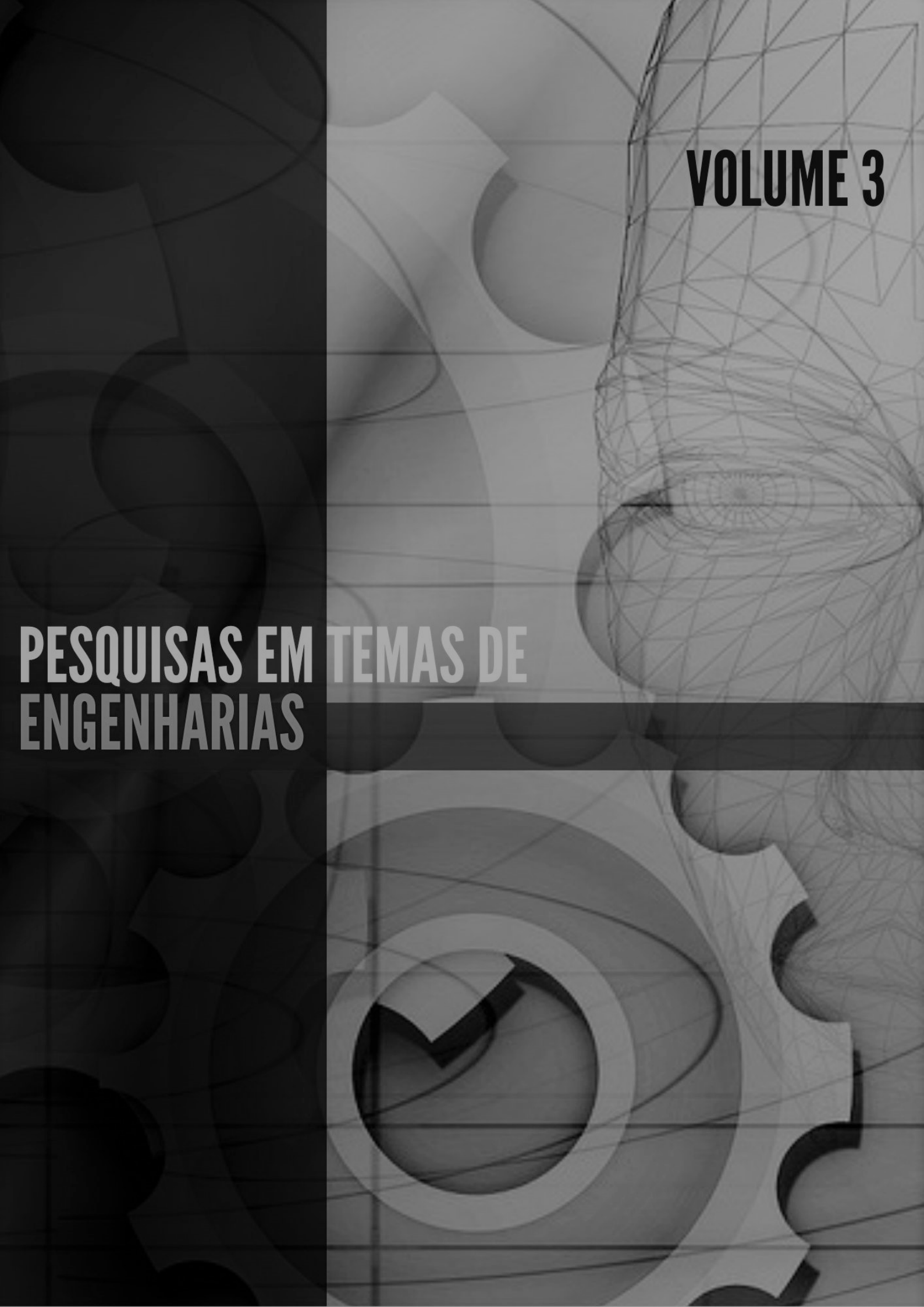
Solar 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 108, 109, 113, 114, 115, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 129, 130, 266, 267, 268, 269, 271, 274, 276, 278, 279, 280

Solo 14, 16, 22, 34, 39, 89, 90, 91, 94, 95, 96, 121, 165, 174, 175, 198, 200, 201, 226, 232, 233, 258, 267, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 291, 293, 296, 315, 335, 336, 338

T

Tecnologia 44, 48, 49, 54, 55, 56, 61, 74, 103, 104, 109, 118, 119, 123, 172, 195, 256, 266, 268, 269, 302, 309

Tensão 75, 79, 84, 108, 112, 113, 150, 151, 153, 155, 161, 168, 169, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 270, 275, 277, 339



VOLUME 3

PESQUISAS EM TEMAS DE ENGENHARIAS

VOLUME 3

PESQUISAS EM TEMAS DE ENGENHARIAS

ISBN 978-655889037-9

Rfb Editora