

PESQUISAS EM TEMAS DE ENGENHARIAS

VOLUME 5



Ednilson Sergio Ramalho de Souza
(Editor)



Rfb
Editora

PESQUISAS EM TEMAS DE ENGENHARIAS

VOLUME 5



Ednilson Sergio Ramalho de Souza
(Editor)

Volume 5

PESQUISAS EM TEMAS DE ENGENHARIAS

Edição 1

Belém-PA



2021

© 2021 Edição brasileira
by RFB Editora
© 2021 Texto
by Autor(es)
Todos os direitos reservados

RFB Editora
Home Page: www.rfbeditora.com
Email: adm@rfbeditora.com
WhatsApp: 91 98885-7730
CNPJ: 39.242.488/0001-07
R. dos Mundurucus, 3100, 66040-033, Belém-PA

Diagramação

Danilo Wothon Pereira da Silva

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

Gerente editorial

Nazareno Da Luz

<https://doi.org/10.46898/rfb.9786558891895>

Catalogação na publicação
Elaborada por RFB Editora

P474

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

(Pesquisas em temas de engenharias, V.5)

Livro em PDF

3.600 KB., il.

ISBN: 978-65-5889-189-5

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895

1. Engenharias. I. Souza, Ednilson Sergio Ramalho de (Editor). II. Título.

CDD 370

Índice para catálogo sistemático

I. Engenharias.



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 Dr^a. Roberta Modesto Braga-UFPA

Prof. Dr. Laecio Nobre de Macedo-UFMA

Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida-UFOPA

Prof.^a Dr^a. Ana Angelica Mathias Macedo-IFMA

Prof. Me. Francisco Robson Alves da Silva-IFPA

Prof.^a Dr^a. Elizabeth Gomes Souza-UFPA

Prof.^a Dr^a. Neuma Teixeira dos Santos-UFRA

Prof.^a Ma. Antônia Edna Silva dos Santos-UEPA

Prof. Dr. Carlos Erick Brito de Sousa-UFMA

Prof. Dr. Orlando José de Almeida Filho-UFSJ

Prof.^a Dr^a. Isabella Macário Ferro Cavalcanti-UFPE

Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares-UFPI

Prof.^a Dr^a. Welma Emidio da Silva-FIS

Comissão Científica

Prof. Dr. Laecio Nobre de Macedo-UFMA

Prof. Me. Darlan Tavares dos Santos-UFRJ

Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida-UFOPA

Prof. Me. Francisco Pessoa de Paiva Júnior-IFMA

Prof.^a Dr^a. Ana Angelica Mathias Macedo-IFMA

Prof. Me. Antonio Santana Sobrinho-IFCE

Prof.^a Dr^a. Elizabeth Gomes Souza-UFPA

Prof. Me. Raphael Almeida Silva Soares-UNIVERSO-SG

Prof^a. Dr^a. Andréa Krystina Vinente Guimarães-UFOPA

Prof^a. Ma. Luisa Helena Silva de Sousa-IFPA

Prof. Dr. Aldrin Vianna de Santana-UNIFAP

Prof. Me. Francisco Robson Alves da Silva-IFPA

Prof. Dr. Marcos Rogério Martins Costa-UnB

Prof. Me. Márcio Silveira Nascimento-IFAM

Prof.^a Dr^a. Roberta Modesto Braga-UFPA

Prof. Me. Fernando Vieira da Cruz-Unicamp

Prof.^a Dr^a. Neuma Teixeira dos Santos-UFRA

Prof. Me. Angel Pena Galvão-IFPA

Prof^a. Dr^a. Dayse Marinho Martins-IEMA

Prof.^a Ma. Antônia Edna Silva dos Santos-UEPA

Prof^a. Dr^a. Viviane Dal-Souto Frescura-UFSM

Prof. Dr. José Moraes Souto Filho-FIS

Prof^a. Ma. Luzia Almeida Couto-IFMT

Prof. Dr. Carlos Erick Brito de Sousa-UFMA

Prof^a. Ma. Ana Isabela Mafra-Univali

Prof. Me. Otávio Augusto de Moraes-UEMA

Prof. Dr. Antonio dos Santos Silva-UFPA
Prof^a. Dr. Renata Cristina Lopes Andrade-FURG
Prof. Dr. Daniel Tarciso Martins Pereira-UFAM
Prof^a. Dr^a. Tiffany Prokopp Hautrive-Unopar
Prof^a. Ma. Rayssa Feitoza Felix dos Santos-UFPE
Prof. Dr. Alfredo Cesar Antunes-UEPG
Prof. Dr. Vagne de Melo Oliveira-UFPE
Prof^a. Dr^a. Ilka Kassandra Pereira Belfort-Faculdade Laboro
Prof. Dr. Manoel dos Santos Costa-IEMA
Prof^a. Dr^a. Érima Maria de Amorim-UFPE
Prof. Me. Bruno Abilio da Silva Machado-FET
Prof^a. Dr^a. Laise de Holanda Cavalcanti Andrade-UFPE
Prof. Me. Saimon Lima de Britto-UFT
Prof. Dr. Orlando José de Almeida Filho-UFSJ
Prof^a. Ma. Patrícia Pato dos Santos-UEMS
Prof.^a Dr^a. Isabella Macário Ferro Cavalcanti-UFPE
Prof. Me. Alisson Junior dos Santos-UEMG
Prof. Dr. Fábio Lustosa Souza-IFMA
Prof. Me. Pedro Augusto Paula do Carmo-UNIP
Prof^a. Dr^a. Dayana Aparecida Marques de Oliveira Cruz-IFSP
Prof. Me. Alison Batista Vieira Silva Gouveia-UFG
Prof^a. Dr^a. Silvana Gonçalves Brito de Arruda-UFPE
Prof^a. Dr^a. Nairane da Silva Rosa-Leão-UFRPE
Prof^a. Ma. Adriana Barni Truccolo-UERGS
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares-UFPI
Prof. Me. Fernando Francisco Pereira-UEM
Prof^a. Dr^a. Cátia Rezende-UNIFEV
Prof^a. Dr^a. Katiane Pereira da Silva-UFRA
Prof. Dr. Antonio Thiago Madeira Beirão-UFRA
Prof^a. Ma. Dayse Centurion da Silva-UEMS
Prof.^a Dr^a. Welma Emidio da Silva-FIS
Prof^a. Ma. Elisângela Garcia Santos Rodrigues-UFPB
Prof^a. Dr^a. Thalita Thyrza de Almeida Santa Rosa-Unimontes
Prof^a. Dr^a. Luci Mendes de Melo Bonini-FATEC Mogi das Cruzes
Prof^a. Ma. Francisca Elidivânia de Farias Camboim-UNIFIP
Prof. Dr. Clézio dos Santos-UFRRJ
Prof^a. Ma. Catiane Raquel Sousa Fernandes-UFPI
Prof^a. Dr^a. Raquel Silvano Almeida-Unespar
Prof^a. Ma. Marta Sofia Inácio Catarino-IPBeja
Prof. Me. Ciro Carlos Antunes-Unimontes

Nossa missão é a difusão do conhecimento gerado no âmbito acadêmico por meio da organização e da publicação de livros científicos 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!

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	11
CAPÍTULO 1	
SEGURANÇA NO TRABALHO NA COSTRUAÇÃO CÍVIL- ASPECTOS NO MUNICÍPIO DE SANTARÉM-PA	13
Lucas Barros da Silva	
Waldemar Lucas Pinto Pontes	
Marlyson Jóse Silveira Borges	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.1	
CAPÍTULO 2	
ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO “OFF-GRID” COMUNIDADE RIBEIRINHA BACURIZINHO - SANTARÉM-PA, BRASIL.....	25
Danielson de Souza e Souza	
Gerson Wandel Miranda da Cruz	
Wellington Viegas Viana	
Márlison Santos de Sá	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.2	
CAPÍTULO 3	
USO DE DRONES TERMOGRÁFICOS NA MANUTENÇÃO DE REDE ELÉTRICA DE MÉDIA E BAIXA TENSÃO	39
Gabriel Marcião Seixas de Souza	
Márlison Santos de Sá	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.3	
CAPÍTULO 4	
DESENVOLVIMENTO DE UM PHMETRO BASEADO EM ARDUINO.....	55
Juliane da Silva Almeida	
Márlison Santos de Sá	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.4	
CAPÍTULO 5	
SENSORES PIEZOELÉTRICOS: DA GERAÇÃO DE ENERGIA À AUTOMAÇÃO	69
Etinágil Patrício Pacheco	
Iridani Sales Da Silveira Júnior	
Luiz Gabriel Souza De Oliveira	
Márlison Santos de Sá	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.5	
CAPÍTULO 6	
DESENVOLVIMENTO DE UMA MALETA DIDÁTICA PARA REPRESENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID	77
Carlos William Oliveira de Souza	
Luis Henrique Dias Braga	
Vandressa Silva Araújo	
Márlison Santos de Sá	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.6	
CAPÍTULO 7	
ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: UMA ALTERNATIVA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SUSTENTÁVEL	93
Robert Junio Pontes	

Alexandre Diniz Santana
Odenilson Cruz Vasconcelos
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.7

CAPÍTULO 8

- ESTUDO DA UTILIZAÇÃO E VIABILIZAÇÃO PÓS-PANDEMIA DE LAJES PRÉ-MOLDADAS EM OBRAS RESIDENCIAIS** 111
José Victor Batista da Silva
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.8

CAPÍTULO 9

- A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DO SOLO NA QUALIDADE DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....** 125
Genesse Braga de Araújo
Joanyr da Rocha Estumano Júnior
Marlyson José Silveira Borges
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.9

CAPÍTULO 10

- A IMPORTÂNCIA DO PLANO DE MANUTENÇÃO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA.....** 143
Gilvana Dias Albarado
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.10

CAPÍTULO 11

- A IMPORTÂNCIA DA INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA NA MANUTENÇÃO PREDITIVA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS** 161
Alan Christian Almeida Souza
Márlison Santos Sá
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.11

CAPÍTULO 12

- ANÁLISE COMPARATIVA DO DIMENSIONAMENTO DE LAJES MACIÇAS PELO MÉTODO MANUAL E COM USO DE SOFTWARE** 177
Claudiele Rodrigues Martins
Israel Lemos Fernandes
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.12

CAPÍTULO 13

- DESENVOLVIMENTO DE CADEIRA DE RODAS ELÉTRICA COM JOYSTICK BASEADA EM ARDUINO** 195
Moacir Pereira de Freitas
Márlison Santos de Sá
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.13

CAPÍTULO 14

- DESENVOLVIMENTO DE KIT DIDÁDICO DE CÉLULA FOTOVOLTAICA** 211
Hugo Ribas Silva
Andrey Dias de Souza
Márlison Santos de Sá
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.14

CAPÍTULO 15

- DESENVOLVIMENTO DE UM MANIPULADOR ROBÓTICO PARALELO DE CINCO BARRAS** 223
Gabriel Ferreira Walfredo
Nicole Anastácia Araújo Lima

CAPÍTULO 16	
ANÁLISE DE CAMADA DE SOLO COMPACTADO SOBRE SOLO POROSO TÍPICO DA REGIÃO DO PARÁ OBJETIVANDO SUA UTILIZAÇÃO COMO SUPORTE DE PISOS INDUSTRIAS	241
Kaic Leal Viana	
Rosinaldo de Moura Araújo	
Marlyson José Silveira Borges	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.16	
CAPÍTULO 17	
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CONSTRUÇÕES EM ALVENARIA CONVENCIONAL E ICF (INSULATED CONCRETE FORMS)	259
João Paulo Campos de Andrade	
Sérgio Gouvêa de Melo	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.17	
CAPÍTULO 18	
ESTUDO DE RESISTÊNCIA DO CONCRETO ACRESCENTANDO A LÃ DE VIDRO	275
Alexandre Silva de Arruda	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.18	
CAPÍTULO 19	
PLANEJAMENTO LOGÍSTICO COMO ESTRATÉGIA PRODUTIVA NO CANTEIRO DE OBRA NO MUNICÍPIO DE ALENQUER-PA.....	287
Caio Sousa dos Santos	
Glemison José Gomes da Silva	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.19	
CAPÍTULO 20	
VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DOS BLOCOS CERÂMICOS DE DIFERENTES FABRICANTES COMERCIALIZADOS EM SANTARÉM SEGUNDO A NBR 15270.....	301
Charles Leandro Lima Mendes	
Leandro Freire Ficagna	
Marlyson Jose Silveira Borges	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.20	
CAPÍTULO 21	
BLOCO DE SOLO CIMENTO COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DE GRANITO	321
Lívia Cândida do Carmo Henriques	
Ítalo Roque de Aguiar	
Marlyson Silveira Borges	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.21	
CAPÍTULO 22	
MÓDULO COMPARATIVO ENTRE ALVENARIA CONVENCIONAL E MONOLITE: REVISÃO DE LITERATURA	337
Luciano Freitas dos Santos	
Breno Müller Tenório de Azevedo	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.22	

CAPÍTULO 23	
VANTAGENS DO PROGRAMA REVIT NA ENGENHARIA CIVIL	349
Carla Tenório Baía	
Lucinaia Bentes Nogueira	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.23	
CAPÍTULO 24	
ANÁLISE DO MÉTODO CONSTRUTIVO INSULATED CONCRETE FORMS (ICF) PARA CONSTRUÇÕES NO MUNICÍPIO DE SANTARÉM-PÁ.....	361
Lucas Brilhante dos Santos	
Rafael Alexandre da Silva Oliveira	
Carla Luciane Bentes Nogueira ³	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.24	
CAPÍTULO 25	
A ESCOLHA CORRETA DA FUNDAÇÃO PARA UM EDIFÍCIO EM SANTA-RÉM-PA	371
Fabrício Henrique Silva dos Santos	
Lauro Sérgio do Amaral Silva	
Marlyson Silveira Borges	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.25	
CAPÍTULO 26	
ANÁLISE PATOLÓGICAS EM UMA GARAGEM NO SUBSOLO DE UM CONDOMÍNIO MULTIFAMILIAR LOCALIZADO NA CIDADE DE SANTARÉM - PARÁ.....	389
Claudio Dornelis de Freitas Cardoso	
Luan Silva Brito de Menezes	
Rafael Bianor Del Vecchio Paiva	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.26	
CAPÍTULO 27	
ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PISO NA ORLA DE SANTARÉM.....	407
Ada Lorena de Lemos Bandeira	
Cláudio Dornelis de Freitas Cardoso	
Glauber Haidê Lira da Silva	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.27	
CAPÍTULO 28	
ESTUDO DE CASO SOBRE AS VANTAGENS DO BIM EM RELAÇÃO A PROJETOS DISSOCIADOS NO AUTOCAD CONTEXTUALIZAÇÃO ATRAVÉS DE UMA RESIÊNCIA UNIFAMILIAR.....	427
Ednelma Branco Madeira	
Natália Brito Silva	
Nyara Hellen de Souza da Silva	
DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.28	

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 5 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

SEGURANÇA NO TRABALHO NA COSTRUAÇÃO CÍVIL- ASPECTOS NO MUNICÍPIO DE SANTARÉM-PA

*WORK SAFETY IN CIVIL CONSTRUCTION - ASPECTS IN
THE MUNICIPALITY OF SANTARÉM-PA*

Lucas Barros da Silva¹
Waldemar Lucas Pinto Pontes²
Marlyson Jóse Silveira Borges³

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.1

¹ Centro Universitário da Amazônia-UNAMA, <https://orcid.org/0000-0002-5283-4045>, lucasbsilva.me@gmail.com
² Centro Universitário da Amazônia-UNAMA, <https://orcid.org/0000-0002-7800-7953>, lucaspontes0.eng@gmail.com
³ Centro Universitário da Amazônia-UNAMA, silveira-borges@hotmail.com

RESUMO

Buscando explicitar a efetividade dos sistemas de informações sobre acidente de trabalho na região da cidade de Santarém no estado do Pará, tendo como base o grande número de acidentes que são registrados anualmente no Brasil e principalmente no caso deste trabalho na região de Santarém, viu-se a necessidade de um estudo sobre acidentes de trabalho na construção civil, subnotificação de acidentes e outros indicadores sobre essa região, pois identificou-se, a princípio, a falta de textos sobre estes temas na região do município, assim este trabalho foi embasado em uma pesquisa bibliográfica e análise dos dados disponibilizados nos sites de órgãos governamentais.

Evidenciando ao final, que apesar de as implementações de leis e normas de segurança se mostrarem efetivas e levando consideração também a subnotificação, o número de acidentes na região embora esteja decaindo, é uma queda muito pequena quando comparado com o Brasil ou o próprio estado do Pará.

Palavras-chave: Segurança. Cultura. Azáfama.

ABSTRACT

Seeking to explain the effectiveness of information systems on accidents at work in the region of the city of Santarém in the state of Pará, based on the large number of accidents that are recorded annually in Brazil and especially in the case of this work in the region of Santarém, we saw the need for a study on accidents in construction, underreporting of accidents and other indicators about this region, because it was identified, at first, the lack of texts on these topics in the region of the city, so this work was based on a literature search and analysis of data available on the websites of government agencies.

Evidencing, in the end, that despite the implementation of laws and safety norms being effective and also taking into consideration the underreporting, the number of accidents in the region, although decreasing, is a very small decrease when compared to Brazil or the state of Pará itself.

Keywords: Security. Culture. Bustle.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil como outros países desenvolvidos tem grandes aspectos econômicos de crescimento dentro da construção civil, ambos os países têm a intenção de mitigar os acidentes de trabalho, contudo hoje o Brasil ocupa o 4º lugar registrando 11

milhões de acidentes de trabalho no período de 2002 a 2020 segundo o observatório de segurança do trabalho (OSST, 2021), ficando atrás apenas da China, Índia e Indonésia, conforme a Organizações internacional do trabalho, (OIT, 2021). É de grande importância para a área de saúde e segurança no trabalho que sejam desenvolvidos trabalhos que reúnam dados e informações atualizadas sobre os casos de acidentes de trabalho, tanto de âmbito internacional, nacional e regional, para que assim, através de comparações seja visível a evolução na busca de encontrar um caminho para diminuir o número de acidentes de trabalho.

Segundo Stefano (2008) desde a implementação das leis trabalhistas e normas de segurança, e posteriormente com a evolução e atualização destas, os acidentes vem diminuindo de forma significativa. Ainda assim, uma grande quantidade de acidentes ainda é registrada todos os anos, logo é necessário entender quais são as áreas e regiões, em que esses acidentes são mais recorrentes. No Brasil, segundo o Observatório de Saúde e Segurança no Trabalho (OSST) de 2012 a 2020 a área da construção civil, ocupa a quinta posição das áreas da economia que mais registam acidentes, mostrando a importância de um estudo mais aprofundado nesta área.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Saúde e Segurança no trabalho

Hoje no Brasil, existe a lei do EPI que é a norma que especifica sobre o uso de equipamentos de proteção individual. O uso deles passou a ser obrigatório com a Lei n.º 6.514/77 da CLT e é regulamentado pela NR6, que versa sobre quais equipamentos são EPIs. Essas normas determinam as circunstâncias do uso e responsabilidades de empregador e empregado em relação aos dispositivos de segurança, orientam sobre a fabricação e a comercialização a obrigatoriedade do certificado de aprovação da secretaria de trabalho vinculada ao ministério da economia, mesmo quando eles são importados de outros países.

Conforme dispõe o art. 19 de Lei 8.213/91 acidente do trabalho.

Doença profissional ou do trabalho, produzida ou desencadeada pelo exercício do trabalho, peculiar a determinada atividade;

Acidente típico, que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa;

Acidente de trajeto, que ocorre no percurso do local de residência para o trabalho ou vice e versa, considerando a distância e o tempo de deslocamentos compatíveis com o percurso do trajeto.

Danos causados ao trabalhador: sofrimento físico e mental, assistência médica, custos com remédios, dependência de terceiros para locomoção e acompanhamento, desamparo à família, desemprego, depressão, traumas, entre outros, existindo custos para a sociedade como, intervenções cirúrgicas, mais leitos nos hospitais, benefícios previdenciários, redução da população economicamente ativa, entre outros. (IMTEP, 2021).

Mas quando falassem de benefícios os conceitos dentro da segurança do trabalho são muitos para ambas as partes empregado e empregador, economia, por exemplo, a empresa que investe e exige o uso de EPI's em seu ambiente está economizando. Garantindo que seus funcionários não sofram nenhum tipo de acidente. A segurança do trabalho é um aspecto muito importante, e sem nenhum membro da equipe faltando, a empresa economiza com pagamentos de indenização e ainda mantém as atividades normalmente. O bem-estar é outro conceito, pois quando todos os funcionários estão bem de saúde, exercendo sua função como deve ser, a sensação de bem-estar se propaga pelo ambiente de trabalho. É nítido que, quando alguém é afastado por um problema grave de saúde, ou mesmo falecimento, outros trabalhadores sentem o impacto. Por isso, EPIS são importantes também para o bem-estar de uma equipe. (IMTEP, 2017).

A partir da revolução industrial, onde a produção era o principal foco da indústria, os acidentes no trabalho cresceram juntamente com o crescimento da indústria, assim logo notou-se a necessidade de instituir normas que visassem a segurança dos operários. (CHAGAS et al, 2011).

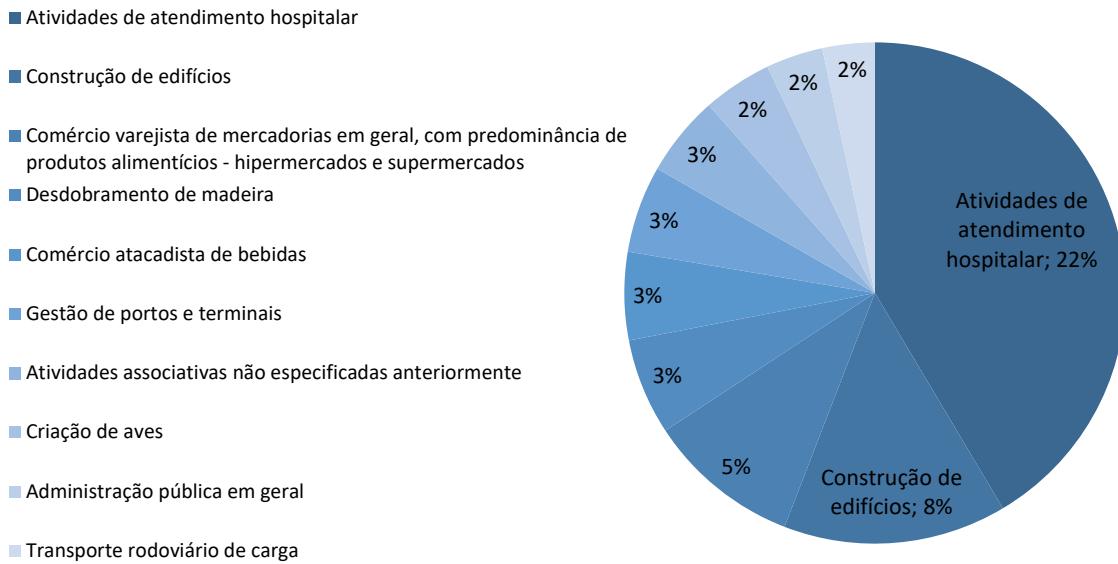
Segundo Cordeiro et al (2002) os acidentes de trabalho não são em sua natureza de fato accidentais, mas sim fenômenos sociais preveníveis e evitáveis, assim, desde o início dos registros em 1970 é possível contabilizar pelo menos 100 mil mortes evitáveis entre os acidentes registrados nesse período.

Depois de muitas atualizações, atualmente existem no brasil o conjunto de 38 Normas Regulamentadoras que buscam assegurar a saúde dos operários em qualquer que seja a área de atuação, ainda sim, com a modernização estas normas continuam passando por constantes atualizações. (CHAGAS et al, 2011).

Para a construção civil, a principal norma a ser utilizada é a NR 18 - Condições de Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção que tem como objetivo estabelecer medidas de controle e prevenção a riscos nos processos construtivos e na condição do meio ambiente do local onde esses processos são executados (MOTERLE, 2014)

No estado do Pará cerca de 6,9 mil acidentes com notificações no ano de 2020, ocupando o 14º lugar no rank nacional (OSST, 2021). No município de Santarém cerca de 349 notificações no ano de 2020, ficando em 5º lugar no rank dos municípios do estado do Pará (OSST, 2021), dentro dessas notificações no município o setor da construção civil fica em 2º lugar.

Figura 1 - Rank das atividades econômicas com maior número de acidentes no município de Santarém.



Fonte: OSST ,2021.

Para combater e encaminhar vítimas de acidentes de trabalho, em Santarém, oeste do Pará, e de mais 19 municípios é a missão do Centro de Referência em Saúde do Trabalhador (Cerest), que no primeiro semestre de 2017, registrou 15 casos de investigação de acidentes graves, na região. O órgão não é só responsável por encaminhar e mediar a relação entre acidentado e empresa, mas também realizar ações de prevenção com palestras, capacitações e visitas técnicas, como forma de combater qualquer circunstância de trabalho. (Fábio Cadete, G1 Santarém-2017).

O centro tem como finalidade o bem-estar dos trabalhadores, sejam eles urbanos ou rurais, individuais ou coletivos, formais ou informais, ativos ou inativos com ou sem vínculo empregatício. Sendo também articulador e organizador das ações intersetoriais, tornando polo irradiador de experiências de vigilância em saúde do trabalhador. (Fábio Cadete, G1 Santarém-2017).

Destacasse que apesar da conscientização ter avançado bastante e contribuído para a diminuição de acidentes em trabalhadores no exercício de suas funções, a queda no registro de casos pode estar relacionada também a problemas com a noti-

ficação. Os acidentes ocorrem, mas ainda nem todos conseguem chegar ao conhecimento dos órgãos. (PORTAL OESTADONET Edição Digital nº 4187).

A causa estaria nos registros fornecidos pelo Hospital Municipal e Unidade de Pronto Atendimento (UPA) 24 horas. As pessoas que se envolvem acidentes desta natureza são levadas a esses locais e em muitos casos, o fato do sinistro ter ocorrido no momento do expediente não é levado em conta e o caso acaba sendo incluído em outras estatísticas. Isto dificulta a mensuração do quantitativo real de casos que ocorrem em todo o município, além de dificultar a elaboração de políticas públicas. (PORTAL OESTADONET Edição Digital nº 4187).

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa foi elaborada a partir de um estudo de revisão bibliográfica no qual o objetivo foi evidenciar com dados, as características das imprudências relacionadas a acidentes de trabalho, de forma nacional e municipal dentro da cidade de Santarém-PA. Tal pesquisa possibilitou a investigação dos problemas, de modo analisar junto com as normas regulamentadoras e Leis vigentes.

Para teorizar sobre o assunto, foram analisados dados científicos, artigos científicos de referências nacionais, disponibilizadas na internet, por meio dos endereços eletrônicos dos principais órgãos de monitoramento sobre o determinado assunto.

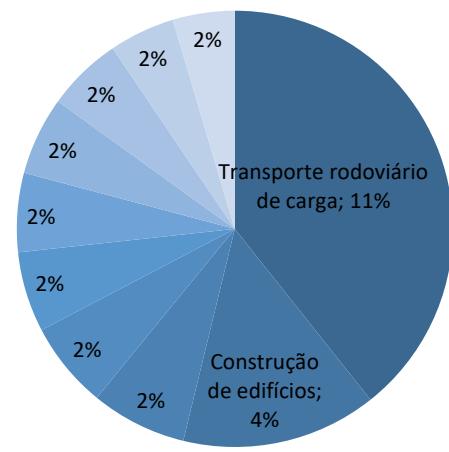
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Acidentes de trabalho na construção civil

A área da construção civil ocupa a quinta posição no rank de acidentes de trabalho pôr quando se leva em consideração os acidentes com óbitos, essa passa a ser a segunda colocada. Segundo dados da OSST (2020), a construção de edifícios registrou no período entre 2012 e 2020, 810 casos de acidentes com óbitos, acumulando assim sozinha 4% de todos os óbitos registrados nesse período, ficando atrás apenas do Transporte de carga rodoviária com 11% dos óbitos.

Figura 2 - Rank das atividades econômicas com maior número de acidentes com óbitos.

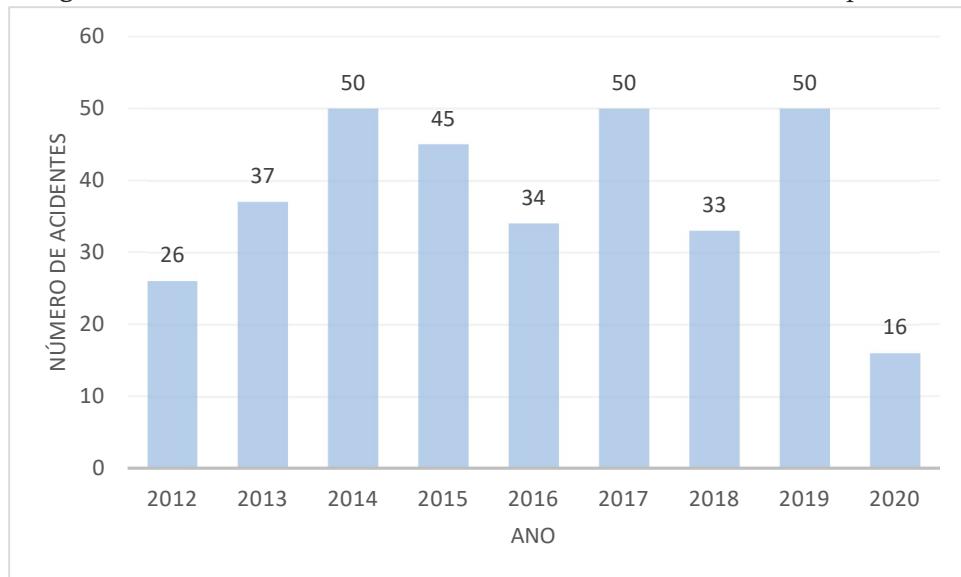
- Transporte rodoviário de carga
- Construção de edifícios
- Administração pública em geral
- Obras para geração e distribuição de energia elétrica e para telecomunicações
- Construção de rodovias e ferrovias
- Comércio varejista de ferragens, madeira e materiais de construção
- Comércio varejista de mercadorias em geral, com predominância de produtos alimentícios - hipermercados e supermercados
- Atividades de vigilância e segurança privada
- Fabricação de açúcar em bruto
- Restaurantes e outros estabelecimentos de serviços de alimentação e bebidas



Fonte: OSST ,2021.

Segundo estes números do OSST (2021) entre 2012 e 2020 foram registrados 341 acidentes de trabalho na construção de edifícios em Santarém, o que representa uma média de 37,8 acidentes por ano, e como mostrado no gráfico da figura 3 apenas o ano 2020 tem uma variação com maior discrepância dos anteriores, o que se dá ao fato da paralisação de vários setores por conta da pandemia de covid-19.

Figura 3 - Quantidade de acidentes na construção civil em Santarém por ano.

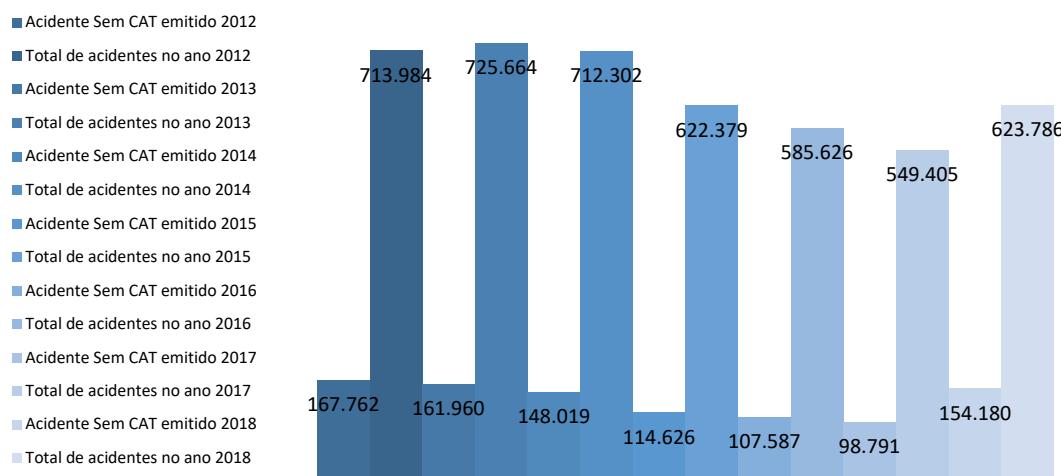


Fonte: OSST ,2021.

Estes números se comparados ao estado do Pará, nota-se que apesar de no estado assim como no país, os números diminuírem a cada ano, nesta região especificamente, desconsiderando o ano atípico de 2020, os números não demonstram uma queda efetiva.

Estimasse que as subnotificações para acidentes de trabalho que resultam em afastamento previdenciário, considerando que muitos registros de acidentes são gerados no momento da concessão do benefício, sem correspondente emissão anterior na forma da lei. Em razão da inexistência de outra métrica para os casos em que não há afastamento do trabalho. (OSST, 2021).

Figura 4 - Estimativa de subnotificações de acidentes de trabalho.



Fonte: OSST ,2021.

Tendo-se, no Brasil, uma grande massa de trabalhadores em situação de informalidade das relações contratuais, a tendência é elevar-se a subnotificação acidentária, já importante no país (RIGOTTO, 1998). Essa situação, acrescida do fato de a população ser formada ainda por uma grande parcela de pessoas desconhecedoras de seus direitos, faz com que os trabalhadores acabem admitindo a culpa pelos acidentes de trabalho, não chegando a procurar atendimento à saúde ou, quando o fazem, omitem o seu problema de saúde como sendo relacionado ao trabalho.

Ainda por falta de aptidão para realizar as tarefas exigidas, o desuso de EPI ou o seu uso, mas em tamanhos inadequados, entre outras situações.

A ocorrência dos acidentes de trabalho deve-se, possivelmente, também à desinformação dos trabalhadores. Os programas estabelecidos pela secretaria de trabalho vinculada ao ministério da economia devem ser implementados e respeitados, no sentido de minimizar os riscos inerentes ao setor. O PPRA - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (NR-9) - visa a detectar os riscos e as condições inadequadas no ambiente laboral que afetam a saúde do trabalhador. O PCMAT - Programa de Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção (NR-18.3) - objetiva planejar as ações de segurança e proteção a serem adotadas em cada fase do projeto construtivo. O PCMSO - Programa de Controle Médico da Saúde Ocupacional (NR-7) - visa a realizar exames admissionais, periódicos e

demissionais dos trabalhadores (BRASIL, 2002). Tais programas, aliados ao esforço de diversos segmentos da sociedade, entre eles o serviço de saúde, possivelmente propiciarião melhorias das condições de trabalho e proteção da saúde desses trabalhadores. Políticas prevencionistas devem ser implantadas com o objetivo de reduzir as quedas e minimizar as consequências dos acidentes.

Porém, um dos fatos que dificulta a prevenção planejamento de ações contra acidentes, é o fato de que esses dados são considerados por muitos estudiosos com pouco confiáveis, tendo em vista que só são registrados os casos em que há emissão de Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT). (CORDEIRO et al, 2005).

De acordo com os artigos 286 e 336 do decreto nº 3048/1999, toda empresa regida pela CLT tem obrigação de notificar através de CAT todo acidente ocorrido com empregados da mesma, mesmo que este funcionário não precise de afastamento do trabalho, a notificação deve ser feita até o primeiro dia útil seguinte ao do acidente, porem em caso de óbito deve ser imediata, caso contrário a empresa ou empregador estará sujeito a multa. (RODRIGUES, 2019).

Quando analisados os dados presentes no Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho (AEAT, 2019) para a cidade Santarém, nota-se que, apesar de o AEAT conter números de casos sem CAT por contabilizar informações de registros de outros métodos do INSS, não há número de casos sem CAT na cidade. Porem como citado, a inconfiabilidade nos dados pressupõe que esses números zerados não condizem com a realidade.

Considerando que o estado do Pará, segundo números do próprio AEAT (2019), tem subnotificação estimada em 21%, e Santarém registrou em 2020, 349 acidentes notificados, adicionando o percentual de subnotificação supracitado poderiam ser adicionados a este número cerca de 130 casos a mais não notificados via CAT. Porem há estudos do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) que indicam que para cada acidente notificado, há outro 7 não informados (COSTA apud RODRIGUES, 2019). Logo estes números poderiam ser ainda maiores.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A segurança e saúde no trabalho em todas as condições deveriam ser levados mais a sério, a consideração à abordagem da pesquisa vista em números acidentes no Brasil e em foco no município de Santarém-Pa, considera a várias dimensões que envolvem o tema. Esta pesquisa tem o in-foco de demonstrar tal realidade para ser avaliada por entidades, que tenham o objetivo prevencionista. A partir desses

dados é necessário o estabelecer de políticas públicas comprometidas com o social, refletindo em uma nova atitude ética com sociedade, que dia a dia deixam seus lares para a vivência no ambiente de trabalho, onde não há toda a certeza do retorno, muitas das vezes sendo lesões físicas ou mental. Assim, buscando sensibilizar os órgãos competentes e a sociedade em geral para uma reflexão do tema em segurança e saúde no trabalho, e que esse estudo venha a contribuir para desenvolvimento cultural prevencionista.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Anuário Estatístico de Acidentes de Trabalho. Ministério do Trabalho e Previdência. Brasília 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/assuntos/previdencia-social/saude-e-seguranca-do-trabalhador/dados-de-acidentes-do-trabalho>>. Acesso em 11 set 2021.

BRASIL. Decreto nº 3.048, de 06 de maio de 1999. Aprova o Regulamento da Previdência Social, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 07 maio, 1999. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3048.htm>. Acesso em 10 set 2021.

BRASIL. Lei n. 6.367 de 19 de out. De 1976. Brasília, DF, Ministério do trabalho e emprego. out 1976.

BRASIL. Nr 18 - condições de segurança e saúde no trabalho na indústria da construção. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2020.

BRASIL. Portaria SSST nº 25, de 29 de dezembro de 1994. Aprova a Norma Regulamentadora nº 9 - Riscos Ambientais, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 dezembro 1994.

CHAGAS A. M. R. SALIM C. A.; SERVO L. M S. Saúde e Segurança no trabalho no Brasil: Aspectos institucionais, sistemas de informação e indicadores. INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA. Brasilia 2011.

CORDEIRO R. et al. Subnotificação de acidentes do trabalho não fatais em Botucatu. REVISTA SAÚDE PÚBLICA, Pg 254. São Paulo 2005.

FREIXAS, F. S. C. **A gestão da segurança e saúde do trabalho em canteiros de obras.** Rio de janeiro, 2020.

INSTITUTO NACIONAL DO SEGURO SOCIAL. **Manual de Acidente de Trabalho - Instituto Nacional do Seguro Social.** Brasília, 2016. 48p. Disponível em:<http://file.abiplast.org.br/download/2016/manualdeacidentedetrabalhoins2016.pdf>. Acesso em 18 set 2021.

MOTERLE N. **A importância da segurança do trabalho na construção civil: um estudo de caso em um canteiro de obra na cidade de Pato Branco - PR.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco 2014.

Observatório de segurança e saúde no trabalho. **Notificações de acidentes de trabalho (cat).** <<https://smartlabbr.org/sst/localidade/0?dimensao=perfilcasosacidentes>>. Acesso em 10 set 2021.

PEINADO, HUGO SEFRIAN. **Segurança e saúde do trabalho na indústria da construção civil.** São carlos: editora scienza, 2019.

RODRIGUES I. N. **Perfil da subnotificação de acidentes de trabalho em santa Catarina no período de 2009 a 2017.** Universidade do sul de Santa Catarina, Florianópolis 2019.

RIGOTTO, R.M. **Saúde dos trabalhadores e meio ambiente em tempos de globalização e reestruturação positiva.** Rev. Bras. Saúde Ocup. v.25, n.93/94, p.9-20, 1998.

SCOTT P.; KOGI K.; MCPHEE B. **Ergonomics Guidelines: for occupational health practice in industrially developing countries.** Disponível em: <http://www.icohweb.org/site/multimedia/pubblicazioni/ICOH%20and%20IEA%20Ergonomics%20Guidelines%20April%202010.pdf>. Acesso em 3 set 2021.

STEFANO C. **Segurança na Construção Civil: Trabalho de educação, conscientização e medidas de proteção.** Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo 2008.

CAPÍTULO 2

ANÁLISE DE VIABILIDADE DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO “OFF-GRID” COMUNIDADE RIBEIRINHA BACURIZINHO - SANTARÉM-PA, BRASIL

*ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF IMPLEMENTING
AN OFF-GRID PHOTOVOLTAIC SYSTEM RIBEIRINHA
BACURIZINHO COMMUNITY - SANTARÉM-PA, BRAZIL*

Danielson de Souza e Souza¹
Gerson Wandel Miranda da Cruz²
Wellington Viegas Viana³
Márlison Santos de Sá⁴

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.2

¹ Centro Universitário da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-9269-5396>. danielsonsouzastm@gmail.com.

² Centro Universitário da Amazônia. <https://orcid.org/000-0001-8849-2748>. gersonwandel245@gmail.com.

³ Centro Universitário da Amazônia. <https://orcid.org/000-0001-3403-6039>. wviegas964@gmail.com.

⁴ Centro Universitário da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-7470-2636>. 270102987@prof.unama.br.

RESUMO

Distantes dos grandes centros, comunidades ribeirinhas do baixo Amazonas têm dificuldade de acesso a serviços como energia elétrica. Diante dessa problemática, foi desenvolvido um estudo de implementação de um sistema fotovoltaico *off-grid* na escola da comunidade ribeirinha Bacurizinho em Santarém-PA, Brasil. A escola atende aproximadamente 30 alunos e no período de verão encontra séria dificuldade quanto a qualidade da água. O estudo realizado se aprofundou nas questões de viabilidade do local, da área utilizável para instalação dos módulos, da estimativa de orçamento para execução do projeto e da sustentabilidade do sistema fotovoltaico. Tal estudo, possibilitou a implementação do sistema também descrito nesse trabalho. Estudos dessa natureza são de suma importância para a região norte, direcionando a implementação de projetos posteriores.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica. Comunidades Ribeirinhas. Implementação.

ABSTRACT

Far from large centers, riverside communities in the lower Amazon face difficulties in accessing services such as electricity. Faced with this problem, a study of the implementation of an off-grid photovoltaic system was developed at the school in the Bacurizinho riverside community in Santarém-PA, Brazil. The school serves approximately 30 students and in the summer period it encounters serious water quality difficulties. The study carried out went deeper into the issues of site feasibility, the usable area for installing the modules, the estimated budget for project execution and the sustainability of the photovoltaic system. Such study enabled the implementation of the system also described in this work. Studies of this nature are of paramount importance for the northern region, directing the implementation of later projects.

Keywords: Photovoltaic energy. Riparian Communities. Implementation.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos países mais ricos em recursos naturais do mundo, principalmente em recursos hídricos, mas ainda há diversas famílias vivendo à margem da inclusão social, sem acesso a recursos básicos essências, principalmente a energia elétrica. O estado do Pará, Norte do país possui grande número de comunidades nesta circunstância, formadas por pequenos grupos de pessoas, em áreas de difícil acesso e que pelas características geográficas dos locais onde vivem torna inviável o transporte da energia através de fontes convencionais.

Neste contexto a implementação desse projeto se torna indispensável para essa comunidade Ribeirinha Bacurizinho Santarém-PA, Brasil, visto que no Brasil maior parte de geração de energia provem das hidrelétricas, tal projeto que foi desenvolvido com o objetivo de garantir qualidade de vida para comunidade.

Desta forma, a relevância social deste trabalho está em apresentar a viabilidade de implementação de um sistema fotovoltaico off-grid na escola, localizada na área ribeirinha do município de Santarém, região oeste do Pará, Brasil. Tornando-se projeto modelo para levar energia elétrica a outras comunidades do Pará e de outros estados do país, que possam melhorar a qualidade de vida das pessoas que vivem isoladas e tornar o caminho mais fácil para incluí-las socialmente.

Contudo o presente trabalho encontra-se constituído da seguinte forma: apresentação do referencial teórico, seguido da metodologia, resultados e discussões e referências bibliográficas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fontes de energia no Brasil

O Efeito Fotovoltaico foi observado por Edmond Becquerel um físico francês. Com uma solução de selênio, ele notou o aparecimento de tensão entre os eletrodos, quando este era iluminado pela luz solar. Segundo Nascimento (2004, p. 7), baseando-se no relato de Edmond Becquerel em 1839, a energia solar fotovoltaica ocorre “quando nos extremos de uma estrutura de matéria semicondutora surge o aparecimento de uma diferença de potencial elétrico, devido à incidência de luz. No processo de conversão da energia radiante em energia elétrica, a célula é a unidade fundamental”.

A energia solar fotovoltaica é uma das fontes mais limpas e com maior disponibilidade entre as fontes de energia. O Brasil sobressai-se pela disponibilidade de energia solar, tanto para geração térmica quanto fotovoltaica, sendo por sua vez muito superior a energia solar disponível em outros países, tais como os europeus que, apesar disto, possuem um dos maiores programas de incentivo do uso da energia solar, subsidiando a instalação dessa aplicação (JARDIM, 2007).

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)”.

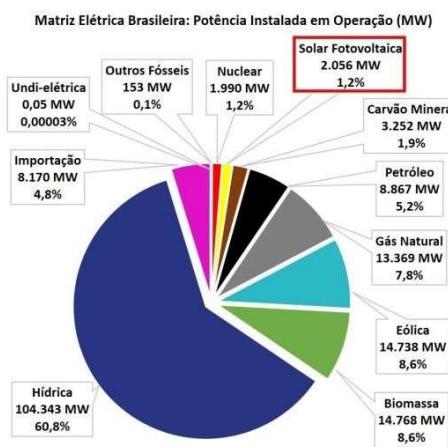
[...] No sistema fotovoltaico, a transformação da radiação solar em eletricidade é direta. Para tanto, é necessário adaptar um material semicondutor (geralmente o silício) para que na medida em que é estimulado pela radiação, permita o fluxo eletrônico (partículas positivas e negativas). As células fotovoltaicas têm, pelo menos, duas camadas de semicondutores: uma positivamente carregada e outra negativamente, formando uma junção eletrônica (LOPEZ, 2012, p.28).

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).

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.

Com base na figura 1, observa-se que dentre as fontes de energias, a tecnologia registrou enorme crescimento nos últimos anos, especialmente na região Nordeste, que apresenta os melhores ventos do Brasil.

Figura 1 - Liderando as novas tecnologias, a energia eólica vem em terceiro lugar.



Fonte: CCEE/ABSOLAR (2018).

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) designado a produção de bens e serviços, processo esse que contribuiu para intensificar o consumo de energia.

2.2 Sistema Fotovoltaico *Off-Grid*

O sistema fotovoltaico compreende um agrupamento de painéis fotovoltaicos e de outros equipamentos relativamente convencionais, que transformam, convertem ou armazenam a energia elétrica para que esta possa ser utilizada nas residências nas mesmas condições da energia elétrica convencional (NEO SOLAR ENERGIA, 2016).

Para montagem de um sistema fotovoltaico é preciso interligar e ajustar cinco componentes básicos:

Painéis solares: São responsáveis por transformar energia solar em eletricidade. Um painel solar é formado por um conjunto de células fotovoltaicas que possuem elétrons, que por sua vez, ao serem atingidos pela radiação solar, movimentam-se gerando uma corrente elétrica.

Controladores de carga: Servem para evitar sobrecargas ou descargas exageradas na bateria, aumentando sua vida útil e desempenho.

Baterias: Armazenam a energia elétrica para que o sistema possa ser utilizado quando não há insolação.

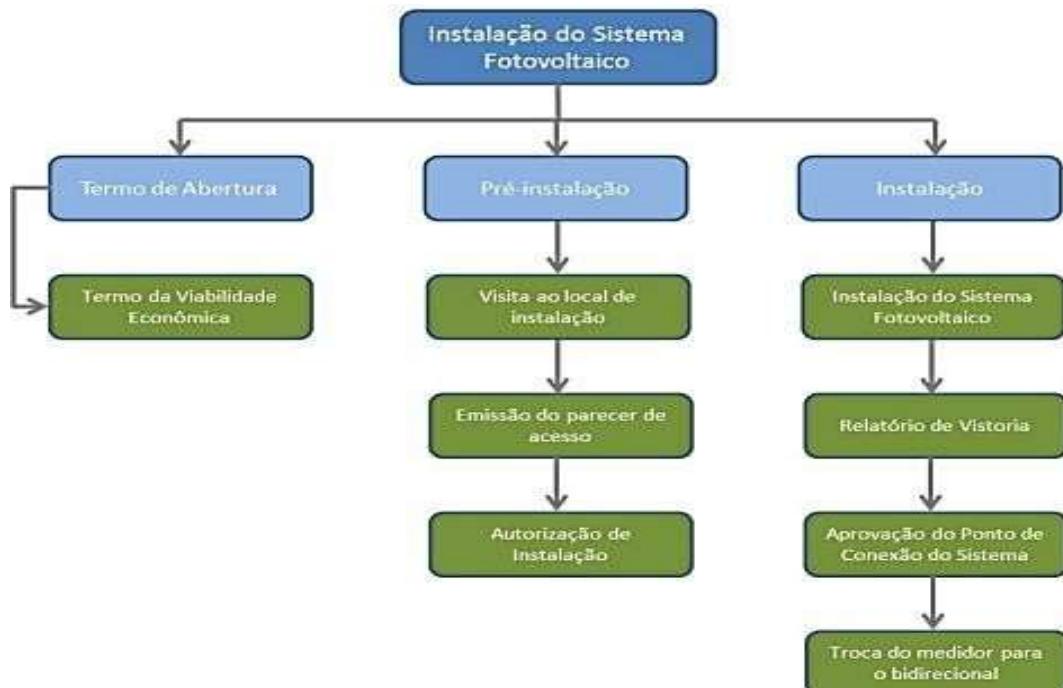
Inversores: São responsáveis por transformar os 12 V de corrente contínua (CC) das baterias em 110 ou 220 V de corrente alternada (AC), ou outra tensão desejada. No caso de sistemas conectados, também são responsáveis pela sincronia com a rede elétrica.

Cabos: A fiação é o que interliga os demais componentes do sistema e promove o fluxo de energia entre eles. Todos os condutores devem ser feitos de cobre, com isolamento termoplástico

Figura 2 – Componentes básicos de um sistema fotovoltaico.

Fonte: CCEE/ABSOLAR (2018).

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, na figura 3 é possível verificar os meios a serem utilizados para capturar a energia, bem como dimensionar a capacidade dos dispositivos armazenamento (LOPEZ, 2012)

Figura 3 - Roteiro para implantação de um projeto de energia fotovoltaica.

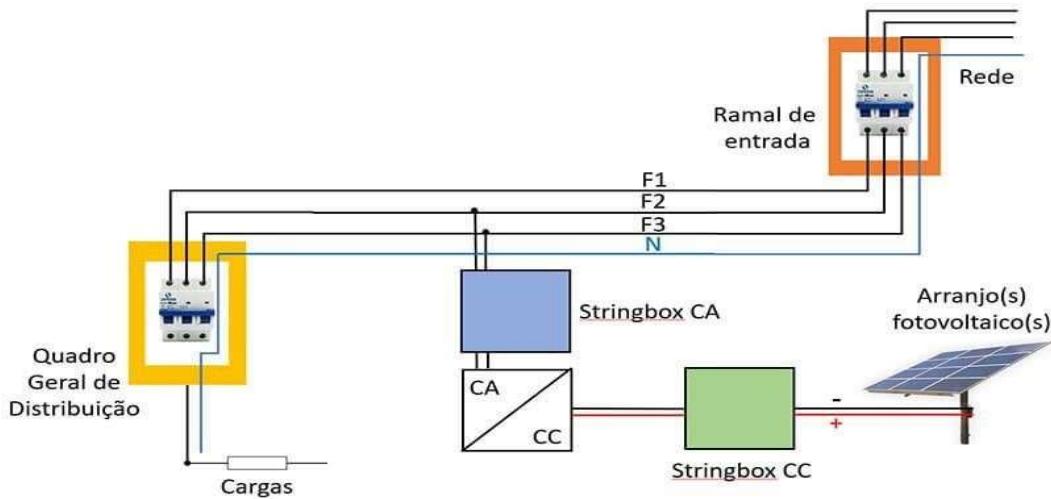
As condições atmosféricas e a disponibilidade de radiação, dependem da latitude local e da posição no tempo, “isso se deve a inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elí-

tica 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, híbrido 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.

Além das técnicas e categorias dos sistemas, no quadro 1 é possível observar os componentes e características do sistema fotovoltaico autônomo:

Quadro 1 - Principais componentes de sistemas isolados.

Componentes	Características
Captação de irradiação solar:	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 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 decorrente 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 à 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.

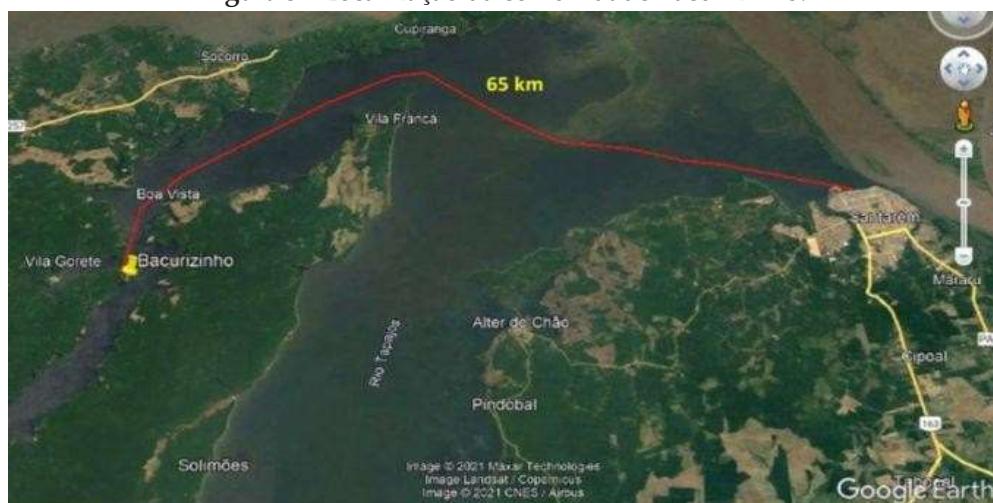
3 METODOLOGIA

Através do embasamento teórico pesquisado pode-se iniciar a verificação do estudo técnico para avaliação da viabilidade de implantação de uma unidade de produção de energia.

Para a realização do projeto foi utilizado o método de pesquisa de caso que se refere a análise da viabilidade de implantação de sistema fotovoltaico *off-grid* em área ribeirinha, na comunidade Bacurizinho (Figura 5), no Município de Santarém-PA, Brasil.

A pesquisa ocorreu no período de 01 de Janeiro a 12 de outubro de 2021.

Figura 5 - Localização da comunidade Bacurizinho.



Fonte: Autores (2021).

A comunidade é formada por 20 famílias e aproximadamente 150 habitantes dos quais 30 frequentam a escola que oferta o ensino fundamental. A economia local é fundamentada na agricultura familiar e pesca. Adiante na figura 6 apresenta o espaço da escola da comunidade.

Figura 6 - Comunidade Bacurizinho.



Fonte: Autores (2021).

Após reuniões com os comunitários e a equipe do projeto ficou definido que o sistema seria instalado em outubro/2021.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No dia 12 de outubro de 2021, com o apoio de empresas locais, de uma equipe de discentes de Engenharia Elétrica de uma instituição de ensino

local e de voluntários da comunidade o espaço da escola foi reformado (figura 7).

Figura 7 - Infraestrutura da Escola.



Fonte: Autores (2021).

Ao lado do espaço reformado foi desenvolvida uma estrutura para comportar os painéis de 330 Wp (Figura 8).

Figura 8 - Painéis fotovoltaicos acoplados a estrutura.



Fonte: Autores (2021).

No interior do espaço reformado foi instalado o restante do sistema: inversor (1000W), controlador de carga e descarga (50A), 2 baterias (105Ah), disjuntores (25A), DPS, timer, extintor e bebedouro com purificador (97W) (Figura 9). Na parte externa ainda foi instalado o sistema de aterramento com 9 Ohms de resistência.

Figura 9 - Sistema interno instalado.



Fonte: Autores (2021).

O sistema instalado supriu a demanda, operando dentro da normalidade, além de se mostrar financeiramente viável para aplicações em outros casos dentro da região norte.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto se mostrou viável, corroborando com outras experiências já realizadas no norte do País. O sistema, apresentou um excelente funcionamento e custo benefício.

A mobilização da equipe técnica, patrocinadores e comunidade foi fator preponderante para o êxito na implementação. Além de facilitar o andamento no processo de projeto e instalação, a integração da comunidade é essencial após a instalação, especialmente no que tange a manutenção.

REFERÊNCIAS

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%A1ncia%20Energ%C3%A9tica%20do%20Brasil%20\(002\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-461/Atlas%20da%20Efici%C3%A1ncia%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. **Tecnologiafotovoltaica 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. International Energy Initiative. 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 3

USO DE DRONES TERMOGRÁFICOS NA MANUTENÇÃO DE REDE ELÉTRICA DE MÉDIA E BAIXA TENSÃO

*USE OF THERMOGRAPHIC DRONE IN MAINTENANCE
OF MEDIUM AND LOW VOLTAGE POWER NETWORK*

Gabriel Marcião Seixas de Souza¹
Márlison Santos de Sá²

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.3

¹ Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0001-5230-3933>, gabriel.marciao@yahoo.com.br
² Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0001-7470-2636>, 270102987@prof.unama.br

RESUMO

A confiabilidade do sistema de distribuição de energia está relacionada a muitos fatores, principalmente na concepção de novos períodos do cronograma de atividades de projeto e manutenção. O setor elétrico brasileiro vem sofrendo inúmeros problemas ao longo do tempo, o maior desses problemas estando relacionado a constantes falhas no sistema de distribuição. Este projeto objetivou desenvolver um estudo sobre o uso de drones termográficos na manutenção de rede elétrica de média e baixa tensão. Portanto, ao final desse artigo, mostrar-se-á o quanto a pesquisa pode impactar na produção e na manutenção da rede, estudando método preventivo contra sinistro na rede que possa ocorrer ou por falta de revisão ou pela natureza.

Palavras-chave: Drone Termográfico. Manutenção. Baixa Tensão.

ABSTRACT

The reliability of the power distribution system is related to many factors, especially when designing new periods of the project and maintenance activities schedule. The Brazilian electricity sector has suffered numerous problems over time, the biggest of these problems being related to constant failures in the distribution system. This project aimed to develop a study on the use of thermographic drones in the maintenance of medium and low voltage power grids. Therefore, at the end of this article, I will show how much research can impact the production and maintenance of the network, studying a preventive method against accidents in the network that may occur due to lack of revision or due to nature.

Keywords: Thermographic Drone. Maintenance. Low tension.

1 INTRODUÇÃO

A demanda por energia no mundo está aumentando constantemente, onde cada vez mais empresas e consumidores contam com esse serviço, no qual devem cumprir as regras do órgão responsável que está crescentemente fazendo elas mais rigorosas no que se diz respeito a tempo e número de desligamento, criando formas de desenvolver procedimentos de gerenciamento e controle em cima da manutenção das redes de energia no qual está se tornando cada vez mais necessária e complicada.

Estas adversidades podem observadas através dos indicadores coletivos de continuidade, onde são gerados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL),

eles são parâmetros de Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (DEC) e a Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora (FEC).

De modo geral, manutenção preditiva e preventiva sempre foram sinônimos de qualidade. Encontrar as melhores práticas nesta área é um processo contínuo de modernização por meio dos novos equipamentos condutores e equipamentos, é preciso também avançar em termos de monitoramento e prevenção desses ativos.

Implementar o processo de inspeção da termografia, adquirir equipamento de medição infravermelho e profissionais que realizam essas inspeções, fazem desse investimento muito alto, muitas vezes o retorno foi questionado por empresas.

Assim, o tema em questão vem trazer uma melhor visão dos pontos relevantes da utilização da termografia em sistemas elétricos de distribuição de energia, trazendo a importância do uso desse método para o melhor funcionamento e evitando futuros transtornos a sociedade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Rede de Energia Elétrica

2.1.1 Distribuição de Energia Elétrica

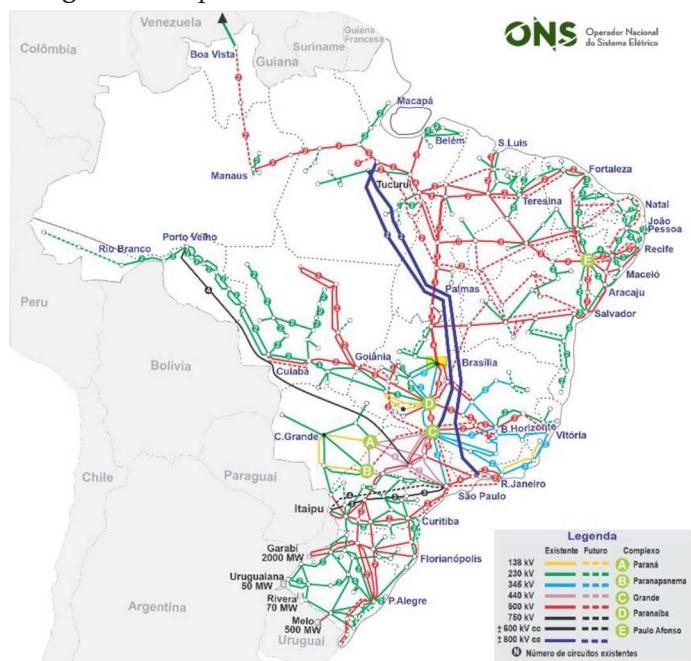
A energia elétrica das fábricas e geradores é transmitida por cabos aéreos, é recoberta por uma camada isolante e fixada em uma enorme torre metálica, onde podemos definir todo o conjunto de cabos e torres como uma rede de transmissão de energia elétrica. Nesse tipo de sistema de distribuição de energia, a alta tensão costuma ser usada para gerenciar os transmissores de energia, mas também podem ser redes com níveis de tensão mais baixos dentro da franquia. No processo, esses diferentes níveis de tensão garantem que a energia chegue ao usuário da melhor maneira. Além dos cabos e das torres de transmissão, outros elementos importantes da rede de transmissão são os isoladores. Os isoladores podem ser de vidro ou porcelana. Eles circundam e sustentam os cabos para evitar descargas no caminho, evitar acidentes e minimizar custos com perdas. Além das linhas de transmissão, a rede de distribuição também é composta por subestações, que são compostas por transformadores, equipamentos de proteção e controle.

2.1.2 Linha de Transmissão

São compostas basicamente por fios metálicos suspensos em torres metálicas, feitos de isoladores cerâmicos ou outros materiais altamente isolados. As linhas de

transmissão estendem-se por longas distâncias para conectar usinas a grandes consumidores, ou seja, consumidores que compram energia em alta tensão, como fábricas, mineradoras e distribuidoras de energia, responsáveis por levar energia aos consumidores menores. Como o sistema de energia é trifásico, geralmente há três conjuntos de cabos na torre de transmissão. Esses cabos também são conectados com um cabo mais alto no topo da torre, este é um cabo de pára-raios. As linhas de transmissão no Brasil são classificadas de acordo com seus níveis de tensão de operação. Para cada faixa de tensão, existe um código que representa um grupo de linhas de transmissão da mesma categoria são eles: A1- A tensão da fonte de alimentação é igual ou superior a 230 kV, A2-Tensão de alimentação entre 88 kV e 138 kV A3- tensão de alimentação 69 kV. NA figura 1 podemos ter ideia de como é dividido o sistema de transmissão no Brasil.

Figura 1 - Mapa do Sistema de Transmissão do Brasil.



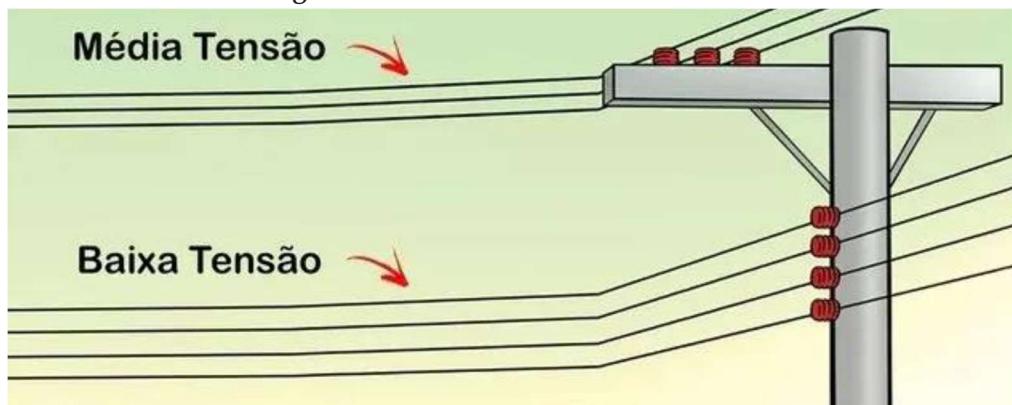
Fonte: Operador Nacional de Sistema Elétrico (2021).

2.1.3 Rede de Distribuição

A rede de distribuição é composta por linhas de baixa, média e alta tensão, e as linhas de transmissão com tensão igual ou superior a 230 kV são chamadas de redes básicas. Embora a tensão da linha de alguns transmissores de energia seja inferior a 230 kV, a tensão da maioria das linhas de transmissão está entre 69 kV e 138 kV, que é de responsabilidade da distribuidora e é chamada de linha de subtransmissão neste setor. As distribuidoras de energia operam linhas de média e baixa tensão, respectivamente, também chamadas de redes primárias e secundárias, respectivamente. A tensão da linha de média tensão está entre 2,3 kV e 44 kV. É fácil de ver nas

ruas e avenidas das grandes cidades. A linha de média tensão é geralmente composta por três cabos aéreos sustentados por vigas de madeira sobre postes de concreto conforme a figura 2 mostra. Por outro lado, dependendo da região, a tensão da rede de baixa tensão pode variar entre 110 e 440V, e elas são fixadas na mesma coluna de concreto que suporta a rede de média tensão de baixa tensão.

Figura 2 - Rede de Média e Baixa Tensão.



Fonte: Mundo da Elétrica (2021).

2.1.4 Manutenção e Inspeção de Rede de Distribuição

Nos últimos anos, os distribuidores de energia foram forçados a aprofundar suas reestruturações, empresas se reorganizaram em todo o processo, a indústria tem se mobilizado constantemente para atender concessão de práticas de distribuição e comercialização de energia em uma determinada área territorial nacional. Portanto, técnicas de inspeção e manutenção devem ser adotadas aprimoradas para alcançar alta produtividade e robustez do circuito, é entendida como uma rede de distribuição. Segundo ANEEL (2019), tecnologia de manutenção de redes de distribuição dividido em três grupos: manutenção corretiva: esta é a técnica de manutenção mais antiga conhecida, com base em qualquer falha ou no caso de anomalias do sistema, este tipo de manutenção é sempre necessária do ponto de vista financeiro e operacional, geralmente culmina prejuízos para a empresa e consumidores.

Use este método de manutenção, embora considerado desatualizado, foi descartado porque o Sistema Elétrico de Proteção (SEP) está sempre vulnerável a danos por agentes externos como componente de qualidade, clima relacionado ao meio ambiente quedas de raios, animais, vandalismo, etc.; manutenção preventiva: é a manutenção regular Intervalos de tempo programados de forma planejada, projetada para reduzir a possibilidade de falha ou degradação da função do projeto.

De acordo com as informações de durabilidade fornecidas pelo fabricante, através de estatísticas de desempenho coletadas pela própria empresa durante as

inspeções e inspeções histórico do componente. Este método de manutenção é projetado para evitar defeitos inesperados, que levarão à manutenção corretiva, que é muito importante sob a premissa de satisfazer a continuidade, confiabilidade do sistema elétrico; Manutenção preditiva: As características da manutenção preditiva são uma forma que pode avaliar a situação real com um certo grau de confiabilidade. Desta forma, você pode definir e programar sua manutenção quando necessário sem danificar gravemente o sistema, ou mesmo se a integridade do objeto for determinada, nenhuma manutenção é necessária avaliação.

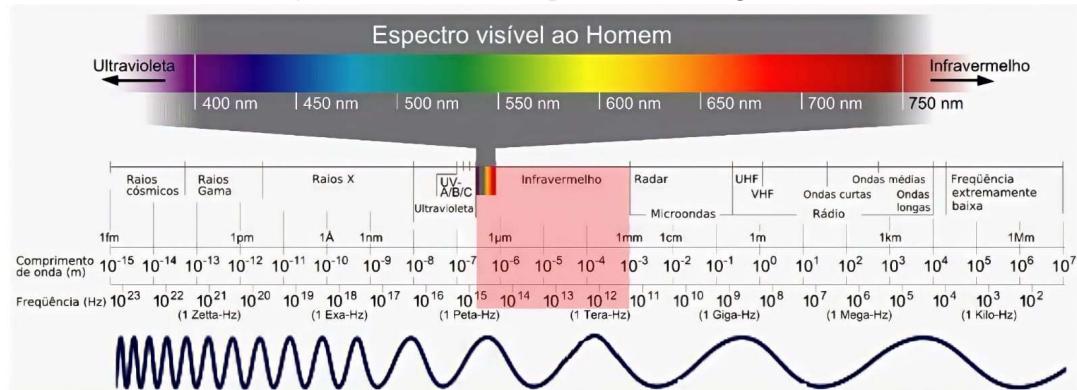
2.2 Termografia

2.2.1 Funcionamento da Termografia

A análise de imagem térmica é baseada na medição e representação gráfica, forma do diagrama de análise térmica, curva de temperatura e fluxo de calor de determinados objetos específicos. O fluxo de calor ocorre sempre que há interação entre objetos com diferentes temperaturas (Δt), ou entre objetos e o ambiente, seguindo os princípios e conceitos da termodinâmica. Neste processo, o calor é transportado de uma região de alta temperatura para área de baixa temperatura, onde a capacidade dos materiais de transferir calor é caracterizada por condutividade térmica.

A tecnologia de imagem térmica é muito sensível à faixa espectral do infravermelho, portanto, a ciência chama isso de tecnologia de imagem térmica infravermelha. Desde a temperatura de alguns objetos é superior a zero absoluto 0 K (-273,15 ° C) no processo de absorção de energia térmica, emite radiação através do aumento da energia vibratória do átomo, a propagação através do átomo conexão. Portanto, a energia térmica vibracional consiste em uma série dessas ondas Elasticidade com uma série de distribuições e frequências, como mostra figura 3 abaixo (CALLISTER RETHWISCH, 2016).

Figura 3 - Modelo do espectro eletromagnético.



Fonte: adaptado de Stefenon (2015).

2.2.2 Termografia em Redes de Distribuição de Energia Elétrica

No sistema de energia, esses pontos podem falhar com mudanças da temperatura, são eles: conexões entre condutores, interruptores direcionáveis, transformadores e conexão para raios, disjuntores, religamento, e tudo é necessário uma conexão física à rede de distribuição. É importante realizar uma verificação de imagem térmica devido a características específicas e seu comportamento térmico típico. Para Caramalho (2012), O inspetor é necessário que observe que as anomalias térmicas em sistemas elétricos são geralmente causadas por resistência aumentada e causada por conexão insuficiente ou força de corrente, resultando em maior dissipação de energia, ocasionando sobreaquecimento.

Pode haver muitos motivos para falhas de conexão do sistema elétrico, são eles: Defeitos de fabricação em conexões e terminais; Torque excessivo ou insuficiente durante a instalação; use uma conexão incompatível com o condutor; Corrosão causada por diferentes materiais; Falha mecânica causada pelo balanço da rede aérea; Ocorrência de corrente de curto-circuito e Instalação errada. Além de falhas de conexão, outros aspectos devem ser considerados, considere em relação ao equipamento da rede de distribuição temperatura por exemplo, o inspetor deve compreender o trabalho do transformador, outro dispositivo digno de atenção é o para raios de média tensão. A imagem térmica dos pára-raios deve ser realizada, tenha cuidado, porque pequenas mudanças de temperatura podem indicar defeitos cedo, (Alvarez, 2008).

O padrão amplamente utilizado em sistemas elétricos é comparar a leitura do ponto suspeito T_p (temperatura do ponto de medição) com o ponto de referência T_{pref} , retirado de dispositivos com a mesma função, mas que não apresente em sua leitura de temperatura considerada anormal. Portanto, ΔT_{pref} é dado por: $\Delta T_{pref} = T_p - T_{ref}$.

Da mesma forma, a temperatura aparente do dispositivo T_p e A temperatura ambiente, T_{amb} , também é amplamente utilizada como Análise, defina ΔT_{amb} como: $\Delta T_{amb} = T_p - T_{amb}$.

Na literatura, você pode encontrar informações sobre a gravidade da anormalidade com base no aumento da temperatura conforme o quadro 1. Normas propostas recomendadas pela NETA (*National Electrical Testing Association*), embora os padrões listados no quadro sejam fáceis de aplicar, a taxa de utilização deve ser ponderada por outros fatores como condições de trabalho, equipamentos e condições de medição em si.

Quadro 1 - Informações sobre a gravidade da anomalia com base no aumento da temperatura.

ΔT_{pref}	ΔT_{amb}	Ações Recomendadas
1° - 3°C	1° - 10°C	Possível Indicativo de Falha
4° - 15°C	11° - 20°C	Deficiência provável, indicativo de falha
....	21° - 40°C	Monitorar até que medidas corretivas sejam tomadas
>15°C	>40°C	Reparo imediato

Fonte: National Electrical Testing Association (2021).

A imagem térmica provou ser um método de detecção eficaz de anormalidade térmica no sistema de distribuição de energia. Uso desta técnica é uma manutenção não intrusiva, ferramentas de sistema permitem obter importante redução de anomalias térmicas, não só em quantidade. Isso ajuda a evitar tempo de inatividade não planejado de instalação e manutenção de emergência. Além disso, ao realizar uma inspeção Imagens térmicas, práticas de manutenção aprimoradas e desempenho da equipe de manutenção, (Martinez, 2007).

2.3 Drone

2.3.1 História

Acredita-se que o conceito de drone mais antigo da história seja dos alemães nazistas durante a Segunda Guerra Mundial. Bomba V-1 Buzz, é chamado devido ao ruído que gera durante o vôo, seu projeto é composto por empresa alemã Argus Motor Company, na figura 4 podemos visualizar a bomba onde no qual o seu objetivo é explodir por meio remoto (BUDD, 2015).

Figura 4 - V-1 Buzz.

Fonte: Flifht Journal (2015).

Após a Segunda Guerra Mundial, a Força Aérea dos EUA desenvolveu-se em 1973 um drone chamado projeto “Aquila” é muito ineficiente depois de voar por alguns minutos, embora seja projetado para voar 20 horas, outra desvantagem é que o projeto requer 30 pessoas para operar no solo (PEREIRA, 2017).

Richard Whittle (2013) acredita que os drones conhecidos hoje foram inventados pela empresa Technion-Israel *Institute of Technology* em Israel pelo engenheiro aeroespacial Abraham E. Karem, A empresa de tecnologia nasceu no Iraque em 27 de junho de 1937, mas cresceu em Israel após o fim da Segunda Guerra Mundial. A figura 5 mostra o drone e o seu inventor.

Figura 5 - Projeto Albatross e seu inventor Abraham E. Karem.



Fonte: UAS VISION (2011).

O projeto Albatross despertou grande interesse do empresário representante Ira Kuhn, onde os membros da DARPA mais tarde assinaram um contrato com Shinzo Abe em 1985 decidiu abrir sua própria empresa, Leading Systems Inc., e depois cooperou com a empresa DARPA e assinou um contrato, que será o ponto de partida para o desenvolvimento um excelente projeto de drones chamado Amber. O Projeto Amber atraiu atenção na época. A marinha americana John Lehman (John Lehman) foi o intermediário que obteve o financiamento. Projeto em conjunto com a Marinha da América do Norte. O objetivo original deste financiamento pretendia usar o projeto Amber para desenvolver serviços de vigilância de drogas da América Latina. Eventualmente, o Projeto Amber se tornou a semente pioneira de drones lendários Caça militar “Predator” da Força Aérea dos EUA (WHITTLE, 2013). A figura 6 mostra com detalhes o drone predator das Forças Aéreas Americanas.

Figura 6 - Drone militar MQ-1 Predator da Força Aérea Americana.



Fonte: The Guardian (2017).

2.3.2 Principais Tipos de Drone

Os tipos mais comuns de drones são: asa fixa, asa rotativa, dirigível e ornitópteros. A aerodinâmica do modelo de asa fixa é semelhante à de um monoplano. A seguinte figura 7 é um exemplo de um drone experimental de asa fixa com asas.

Figura 7 - Drone de Asa Fixa, modelo: Echar-20B XMobots.



Fonte: Doctor Drone (2015).

Os drones de asa rotativa têm outras mudanças, dependendo do número de hélices. Instalados, ou seja, podem ser quadrihélise, hexahélise, octahélise, etc. A Figura 8 mostra o modelo octahélise com uma câmera embutida.

Figura 8 - Drone de Asa Rotativa, modelo: Multirotor Eagle V2.



Fonte: Susin (2015).

3 METODOLOGIA

3.1 Enquadramento Metodológico

O método científico utilizado para o desenvolvimento deste artigo se caracteriza em uma revisão literária, com o foco da pesquisa no ramo da utilização da termografia para a manutenção de rede elétrica de média e baixa tensão. A pesquisa caracteriza-se como exploratória e descritiva (RICHARDSON, 2008). Exploratória porque visa seguir um processo de montagem de portfólio bibliográfico de artigos sobre temas específicos; e descritiva porque tenta descrever publicações científicas e referências desta coleção.

3.1.1 Utilização da Termografia

Adotou-se como orientações de busca as pesquisas de (JUNIOR; DE FREITAS, 2017) que apresentam sobre **Técnicas De Analise Termográficas Para Avaliação De Eficiência De Carregamento Térmico De Transformadores Em Sistemas De Distribuição**, onde no qual foi analisado 38 transformadores do sistema de distribuição de energia elétrica da Universidade Federal do Piauí (UFPI), aliado a esse pensamento usou-se também a tese de (SANTOS, G. 2017) onde mostra a **Termografia E Inteligência Artificial Na Detecção De Falhas Em Transformadores** na qual foram avaliados transformadores de baixa tensão instalados em instalações comerciais distintas. E por último a monografia de (NASCIMENTO; QUADROS; SILVA JUNIOR, 2019) onde disserta sobre **O Planejamento De Manutenção Preditiva Com Uso De Termografia Em Redes De Distribuição**, esse estudo traz um trabalho com o intuito de consolidar de forma informativo o procedimento da termografia aliado ao planejamento, com especial atenção as inspeções termográficas em redes de distribuição.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Transformador e Rede de Distribuição

O estudo de (JUNIOR; DE FREITAS, 2017) ocorreu com 38 transformadores, no decorrer da investigação foram encontradas anomalias como pontos quentes e desbalanceamento entre fases, onde no qual foi utilizado a câmera termográfica para encontrar os pontos quentes e alicate amperímetro com voltímetro para mensurar corrente e tensão de fase. Dos 38 transformadores analisados, 9 foram encontradas anomalias ou situações que demandam atenção.

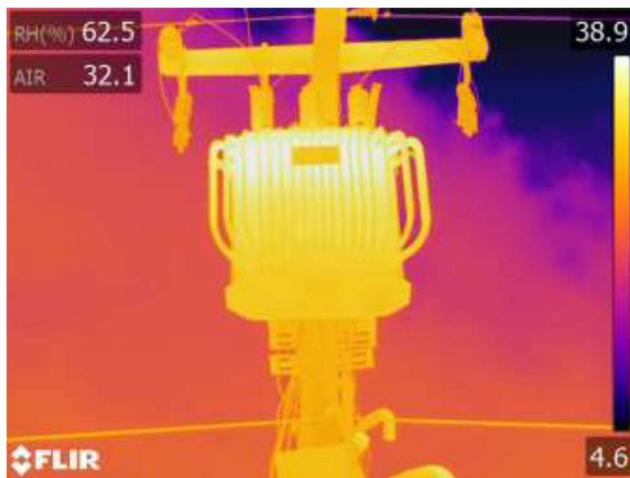
A figura 9 apresenta imagens termográficas do quadro de distribuição da unidade TR06 e a figura 10 exibe o seu transformador, com elas podemos ter ideia sobre os pontos quentes e outros dados como a temperatura mais elevada na parte superior do transformador em relação a sua inferior, essa diferença de temperatura ocorre devido a convecção do óleo isolante.

Figura 9 - Imagem Termográfica do Quadro de Distribuição da Unidade TR06.



Fonte: Junior; De Freitas (2017).

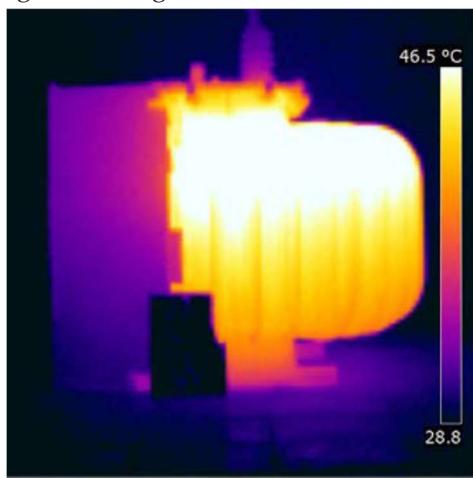
Figura 10 - Imagem Termográfica Frontal do Transformador da Unidade TR06.



Fonte: Junior; De Freitas (2017).

Vinculado ao mesmo princípio de funcionamento, a tese de (SANTOS, G. 2017) apresenta um estudo de medição de infravermelho de temperatura para detectar falhas em transformador baseado na análise de gases dissolvidos no óleo, essa metodologia utiliza de uma tecnologia inteligente para analisar as temperaturas dos transformadores e detectar falhas, além disso foi coletado o óleo isolante para obtenção das condições do equipamento através do método da análise físico-químico e cromatográfica. A figura 11 mostra a imagem termográfica da face de um transformador no qual revela o nível do óleo isolante de dentro do transformador em pleno funcionamento.

Figura 11 - Imagem Termográfica de uma das faces do Transformador.

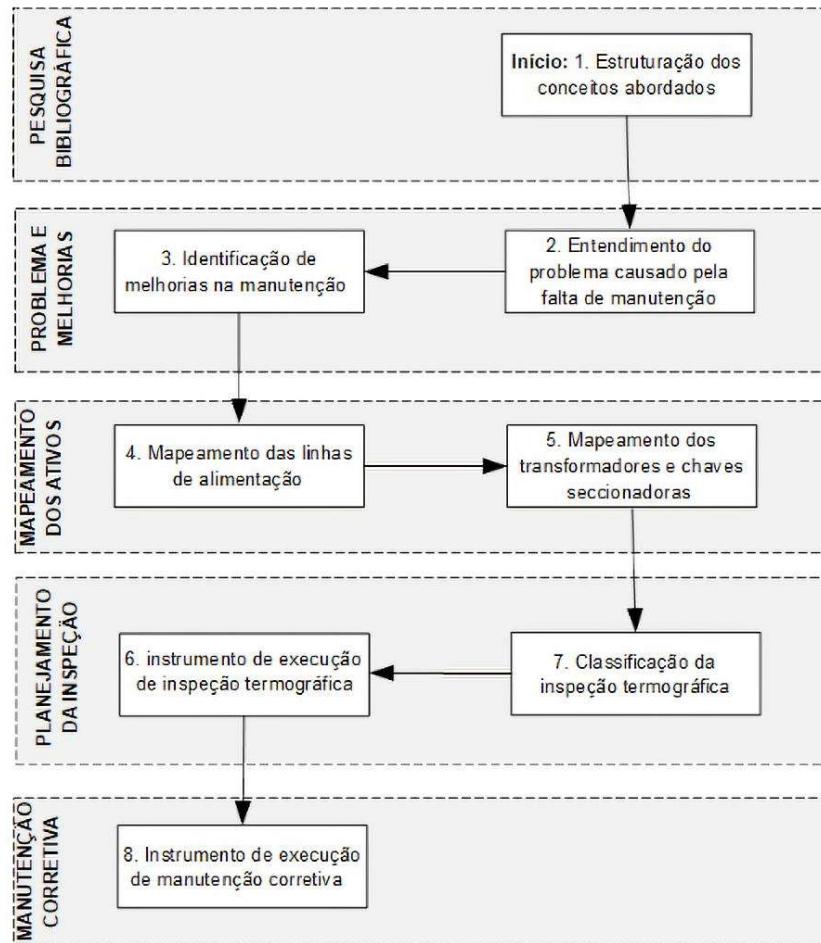


Fonte: Santos, G. (2017).

Ligado ao mesmo princípio de estudo da termografia das duas pesquisas anteriores, (SANTOS, G. 2017) e (JUNIOR; DE FREITAS, 2017), a monografia de (NASCIMENTO; QUADROS; SILVA JUNIOR, 2019) faz uma análise sobre a termografia na manutenção preditiva em redes de distribuição, onde no qual a imagem

12 mostra o fluxograma para programação da manutenção preditiva termográfica. Nela observamos passo a passo de como é feita o procedimento das atividades para que atendem todos os requisitos de segurança aplicáveis a área a ser inspecionada segundo a NR10.

Figura 12 - Fluxograma Para a Programação da manutenção preditiva termográfica.



Fonte: Nascimento; Quadros; Silva Junior (2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Independentemente da dificuldade em encontrar informações sobre o mundo termográfico, seja de aspecto histórico, técnico, expositivo normativo principalmente com respeito ao sistema elétrico, esse trabalho expos um pouco da importância da termografia na manutenção da rede de média e baixa tensão, com exposição detalhada dos importantes aspectos em que se insere a manutenção, comprovando a importância do uso do drone para a otimização e redução brusca nos esforços envolvidos no processo de inspeção e manutenção.

REFERÊNCIAS

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Indicadores Coletivos De Continuidade (Dec E Fec). Disponível em <<https://www.aneel.gov.br/indicadores-coletivos-de-continuidade>>. Acesso em: 04 OUT. 2021.

ÁLVARES, Ricardo Costa. Diagnóstico de falhas em para raios utilizando termografia. Disponível em <<https://www.ppggee.ufmg.br/defesas/347M.PDF>>. Acesso em: 04 OUT. 2021.

BUDD, Davisson. Germany's V-1 Buzz Bomb – Iconic Firepower. Disponível em: <<https://www.flightjournal.com/germanys-v-1-buzz-bomb/>>. Acesso em: 04 OUT. 2021.

CALLISTER, WILLIEM D.; RETHWISCH, DAVID G.. Ciência E Engenharia De Materiais. Disponível em <<https://docero.com.br/doc/enncx8>>. Acesso em: 04/ OUT. 2021.

CARAMALHO, Alberto. 25 Anos em Termografia. Disponível em <<https://pt.scribd.com/document/395215288/Termografia-Caramalho-2012>>. Acesso em: 05 OUT. 2021.

JUNIOR.J.M.F.; FREITAS.J.Q. Técnicas De Análise Termográfica Para Avaliação De Eficiência De Carregamento Térmico De Transformadores Em Sistemas De Distribuição De Energia Elétrica. Disponível em <<http://www3.fimdp.edu.ar/clagtee/2017/articles/14-005.pdf>>. Acesso em: 05 OUT. 2021.

MARTÍNEZ, R. LAGIOIA. Experience Performing Infrared Thermography In The Maintenance Of A Distribution Utility. Disponível em <<https://www.semanticscholar.org/paper/EXPERIENCE-PERFORMING-INFRARED-THERMOGRAPHY-IN-THE-Mart%C3%ADnez-Lagioia/327aa576d98da8f0132eaac55974202f-f0bc8430>>. Acesso em: 05 OUT. 2021.

MUNDO DA ELETRICA. Redes De Energia Elétrica, Tipos E Características. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/redes-de-energia-eletrica-tipos-e-caracteristicas/>>. Acesso em: 06 OUT. 2021.

NETA, Standard for Infrared Inspection of Electrical Systems & Rotating Equipment. Disponível em <<http://www.motordoc.org/wp-content/uploads/2019/01/ElectricalIRStd.pdf>>. Acesso em: 06 OUT. 2021.

NASCIMENTO, Felipe M. do; Quadros, Claudio J. de; Silva Junior, Moacyr F.da. Planejamento de Manutenção Preditiva com uso de termografia em Redes de Distribuição. Disponível em <<https://www.revistaespacios.com/a19v40n34/a19v40n34p27.pdf>>. Acesso em: 26 OUT. 2021.

ONS - OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Mapa Dinâmico Da Linha De Transmissão Do Brasil. Disponível em <<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>>. Acesso em: 06 OUT. 2021.

PEREIRA, Daniela Silva. Drones - A História Por Traz Desta Nova Era Tecnológica. Disponível em: <<https://www.aerodronebrasil.com/2017/09/27/drones-historia-por-traz-desta-nova-era-tecnologica/>>. Acesso em: 07 OUT. 2021.

RICHARDSON, Roberto Jarry. Pesquisa Social Métodos e Técnicas. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3034822/mod_resource/content/1/Texto%20-%20Pesquisa%20social.pdf>. Acesso em: 26 OUT. 2021.

SANTOS, Gustavo Maciel Dos. Termografia E Inteligência Artificial Na Detecção De Falhas Em Transformadores. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/28109#:~:text=Termografia%20Infravermelha%20%C3%A9%20uma%20t%C3%A9cnica,interromper%20a%20opera%C3%A7%C3%A3o%20do%20sistema>>. Acesso em: 26 OUT. 2021.

WHITTLE, Richard. The Man Who Invented the Predator. Disponível em: <<https://www.airspacemag.com/flight-today/the-man-who-invented-the-predator-3970502/>>. Acesso em: 07 OUT. 2021.

CAPÍTULO 4

DESENVOLVIMENTO DE UM PHMETRO BASEADO EM ARDUINO

DEVELOPMENT OF AN ARDUINO-BASED PHMETER

Juliane da Silva Almeida¹
Márlison Santos de Sá²

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.4

¹ Centro Universitário da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-7728-0202>. jds.a.96@hotmail.com.

² Centro Universitário da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-7470-2636>. 270102987@prof.unama.br.

RESUMO

A água é essencial para sobrevivência dos seres humanos e animais, ela cobre cerca 98% da superfície da terra seja em estado líquido ou sólido, apesar de possuir essa quantidade enorme de água ela não é 100% própria para consumo, a água ideal para consumo tem que atingir acima de 7 porém não passar de 8 na escala de medição, que vai de 0 a 14. A presente pesquisa objetiva apresentar o desenvolvimento e construção de um sensor de medida de pH (pHmetro) baseado em Arduino e de baixo custo. O sistema foi construído de modo que seja utilizado na medida de pH de várias substâncias. Vale ressaltar que o protótipo é desenvolvido como trabalho de conclusão do curso de Engenharia Elétrica. Para a construção desse pHmetro foi indispensável o fato dele se manter um projeto de baixo custo, tornando-se acessível a quem quiser construir seu próprio medidor. A montagem desse projeto foi dividida em alguns passos, análise teórica, construção do protótipo, coleta de material e análise dos resultados encontrados.

Palavras-chave: Água. Baixo Custo. Análise.

ABSTRACT

Water is essential for the survival of humans and animals. About 98% of the earth's surface is water, either in a solid or liquid form. Even if this amount of water, it isn't a 100% drinkable. The ideal water for consumption must reach above seven (7) but not exceed eight (8) on measurement scale which goes from zero (0) to fourteen (14). This project is about the development of a PH's sensitivity measurement system based on a low-cost Arduino water level sensor. This sensor was created in order to measure the PH of the water in the city of Santarem. This prototype was made as the final project for the last year of electrical engineering. To make it possible, we made to sure that the project is affordable to anyone who would like to make their own PH measurer. It will be divided in some steps: a theoretical analysis, the building of the prototype, collecting material, and the analysis of the results.

Keywords: Water, Low Cost, Analysis.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos vemos as consequências que o nosso planeta vem sofrendo devido as ações dos homens, a água faz cobre a maior parte da superfície do nosso planeta, todos os seres vivos necessitam dela para sobreviver. A ONU elaborou um documento intitulado Declaração Universal dos Direitos da Água que visa um conjunto de regras tal como "Art. 1º - A água faz parte do patrimônio do planeta.

Cada continente, cada povo, cada nação, cada região, cada cidade, cada cidadão é plenamente responsável aos olhos de todos”.

Devido á agua ser essencial para sobrevivência dos seres humanos e animais é necessário ela ser de qualidade, apesar de cobrir cerca 98% da superfície da terra seja em estado líquido ou sólido, ela não é 100% própria para consumo. A água própria para consumo tem que possuir pH igual ou maior a 7, $pH < 7$ significa acidez e quanto menor o número do pH, mais ácida é a solução aquosa, ele corresponde ao potencial hidrogeniônico de uma solução, é determinado pela concentração de íons de hidrogênio (H^+) e serve para medir o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de determinada solução, ele é medido em escala logarítmica, o que significa que com a diminuição de 1 ponto no pH torna a solução 10 vezes mais ácida.

Quando o pH é maior que 7 a solução é chamada de alcalina. Uma solução com pH 10 é 10x mais alcalina que uma solução com pH 9, 100x mais alcalina que uma solução com pH 8 e 1000x mais alcalina que a solução neutra com pH 7. O dispositivo responsável por medir o pH da água é o pHmetro, ele mede o potencial hidrogênio de uma substância, indicando se ela é caracterizada por ser ácida, alcalina ou neutra. É uma inspeção necessária para identificar produtos químicos, alimentos e produtos aquáticos, para avaliar se há alguma anormalidade no produto e para medir os números de medição de um pHmetro vão de 0 a 14. O valor de mercado desse dispositivo varia de R\$1400 a R\$3000 reais, por ser um valor relativamente alto para a população brasileira, a ideia é fazer um pHmetro digital utilizando Arduino.

Um pHmetro de bancada por ter um preço relativamente alto dificulta o acesso de quem tem uma renda mais baixa, estudantes por exemplo então por isso que surgiu a ideia de fazer um pHmetro baseado em Arduino, cujo principal objetivo é conseguir fazer um pHmetro utilizando materiais cujo custo são baixos, dessa forma possibilitando acessibilidade.

O Arduino é uma plataforma de código aberto ou hardware para prototipagem eletrônica, projetado com microcontrolador Atmel AVR, que possui suporte de entrada / saída de dados embutido e usa linguagem de programação padrão baseada em C / C++. A razão para usá-lo é que pode desenvolver algo rapidamente e, se for rápido, será mais simples. A escrita do software, mas chamado nesse caso de “firmware”, é um programa que será inserido em microcontrolador, é a etapa mais importante da execução do projeto, em seguida é feito o código que irá rodar na placa do Arduino.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A água é um bem comum do povo, essencial para nossa qualidade de vida, e para ser de qualidade ela precisa ser avaliada por vários parâmetros de característica física, química e biológica. Diante disso o objetivo do trabalho é desenvolver um pHmetro digital baseado em Arduino, equipamento a ser utilizado na medição do pH da água. “O pH, potencial hidrogeniônico, é uma escala logarítmica que indica a acidez ou alcalinidade de uma solução aquosa. Ele pode ser medido de diversas formas como através de papel de tornassol, com o uso de indicadores químicos (métodos colorimétricos) e através de pHmetros (medidores de pH)” (LIMA, E.L., 2018).

A medição do pH é uma análise utilizada mundialmente em laboratórios químicos, bioquímicos, hospitalares, industriais, universidades e centros de pesquisa. Desta forma pode ser considerada a técnica de utilização instrumental mais ampla dentre as empregadas na química. Essa análise se torna importante quando se trata, principalmente, de alimentos, saúde e meio ambiente” (FRAGA et al., 2002 apud NUNES, et al., 2018).

De acordo com Manual prático de análise de água (Funasa, 2013. Pg. 54)

O termo pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução. Na água, esse fator é de excepcional importância, principalmente nos processos de tratamento. Na rotina dos laboratórios das estações de tratamento ele é medido e ajustado sempre que necessário para melhorar o processo de coagulação/flocação da água e também o controle da desinfecção. O valor do pH varia de 0 a 14. Abaixo de 7 a água é considerada ácida e acima de 7, alcalina. Água com pH 7 é neutra.

A construção/desenvolvimento desse equipamento visa um produto acessível e de baixo custo comparando com um pHmetro comum, e será utilizado uma plataforma do tipo Arduino.

O pHmetro é um equipamento utilizado para medir o pH de uma substância ou uma amostra que se pretende analisar e proporciona uma medição mais precisa do pH da solução. São amplas as possibilidades de aplicação desde a indústria alimentícia, cosmética, pesquisa, laboratórios até universidades e indústrias químicas. São muito usados no controle de qualidade em diversos segmentos, análise de água, em microbiologia para verificar o pH de meios de cultura, entre outros” (ALMEIDA, 2005 apud NUNES, et al., 2018).

As quatro linhas principais do modelo Arduino são NANO (pequeno), Due-milanove, UNO (médio) e Mega1280, Mega2560 (grande). Essas placas são de baixo custo e usam sistemas operacionais de Código aberto, geralmente fornecido como um kit de ferramentas educacional.

Arduino é um microcontrolador de placa única projetado para tornar o processo de uso de eletrônicos em vários projetos acadêmicos, tecnológicos, científicos e artísticos mais acessível. Foi criado na Itália em 2005 com o objetivo de oferecer uma plataforma de prototipagem eletrônica de baixo custo e de fácil manuseio por qualquer pessoa interessada em criar projetos com objetos e ambientes interativos. A plataforma Arduino é constituída de uma placa eletrônica (hardware

re) e de um ambiente de desenvolvimento (software) para criação dos projetos (PONTES, 2014).

O Microcontrolador Arduino ou simplesmente Arduino é uma plataforma cujo uso e a sua natureza fazem dele uma ótima opção para construção de projetos eletrônicos de baixo custo e pouca demanda de processamento. Esta plataforma permite a conexão de circuitos eletrônicos aos seus terminais de modo que influa o controle dos dispositivos, no caso o sensor de pH" (CAMELO, L. FREITAS, F. & ANDRADE, V., 2017).

Segundo a tradução do site ARDUINO® (What is Arduino?)

Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto baseada em hardware e software fáceis de usar. As placas Arduino são capazes de ler entradas - luz em um sensor, um dedo em um botão ou uma mensagem do Twitter - e transformá-lo em uma saída - ativando um motor, acendendo um LED, publicando algo online. Você pode informar o seu quadro, o que fazer, enviando um conjunto de instruções para o microcontrolador no quadro. Para isso, use a linguagem de programação Arduino (com base na fiação) e o software Arduino (IDE), com base no processamento."

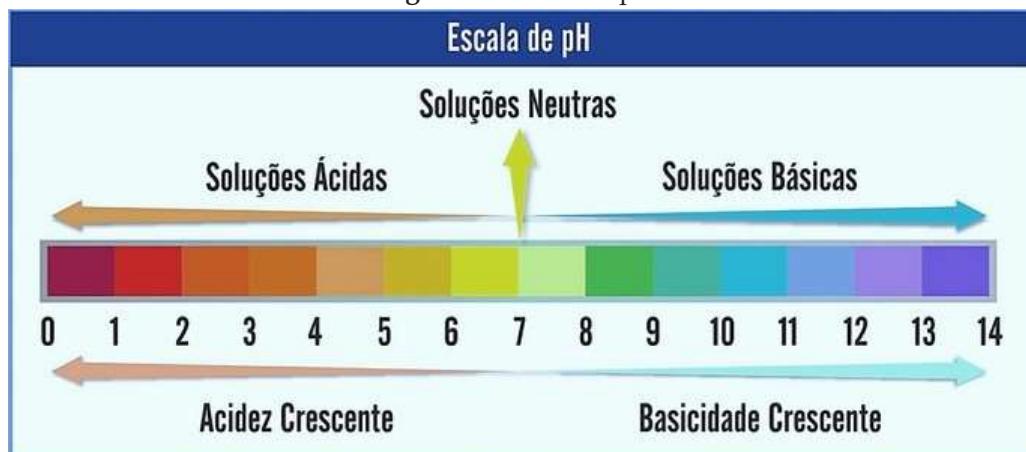
Souza et al (2015) mostra um sistema de medição de pH baseado em Arduino e Sua conclusão foi o funcionamento eficiente do sistema.

O sistema elaborado para medição do pH baseado no Arduino demonstrou-se viável, apresentando-se preciso, além de apresentar baixo custo em comparação ao pHmetro de bancada comumente encontrado no comércio". (SOUZA et al, 2015, p.3).

Existem alguns tipos de medidores de pH específicos para cada necessidade. São eles:

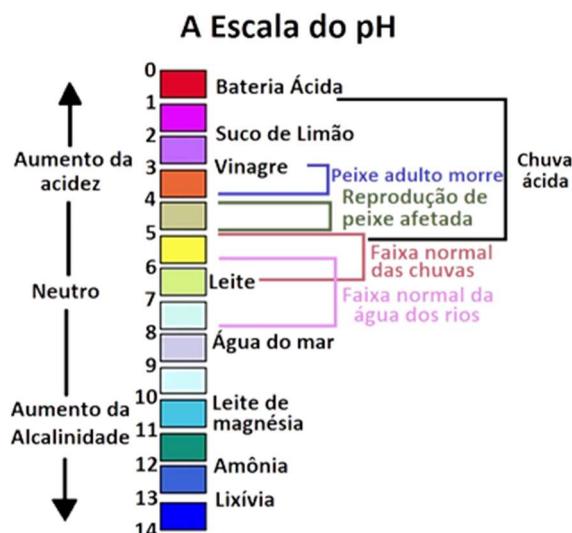
- Medidor de pH - geralmente usado em um local fixo em um laboratório.
- Medidor portátil de pH ou pHmetro portátil - pode ser usado em laboratórios sem pontos fixos.
- Medidor de PH ou medidor de PH de bolso - frequentemente usado para trabalho de campo fora do laboratório.

Figura 1 - Escala de pH.



Fonte: Google Imagens (2021).

Figura 2 - Exemplo de algumas substâncias após serem medidas.



Fonte: Google Imagens (2021).

3 METODOLOGIA

3.1 Desenvolvimento Eletrônico

No desenvolvimento eletrônico desse projeto foram usados os seguintes itens: sensor de pH, Arduino, jumper e protoboard e um notebook. O sensor de pH determina com precisão os níveis de íons e hidrogênios presentes nas amostras, com base nos resultados apresentados. O sensor usado nesse projeto irá ser o sensor de pH 0334.

Figura 3 - Sensor de pH 0334.

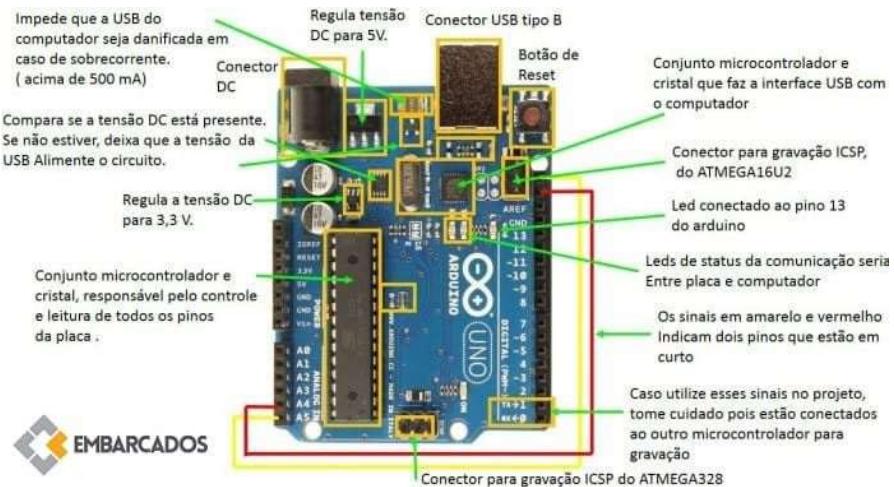


Fonte: Autores (2021).

O Arduino é uma ferramenta simplificada de hardware e software que ajuda a programar um microcontrolador que pode se comunicar com outros dispositivos eletrônicos para realizar funções sem auxílio humano, facilitando os mais diversos processos. De acordo com Geddes (2017, p. 21), “o Arduino Uno é o tipo open sour-

ce portanto além da placa oficial, que custa cerca de US\$ 25, encontram-se numerosas placas clone compatíveis por cerca de US\$ 15. (Figura 4).

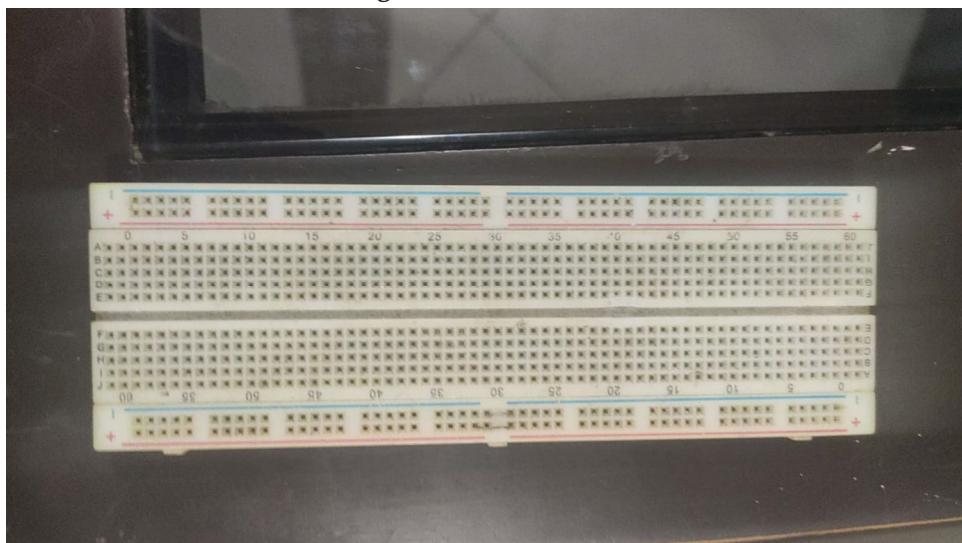
Figura 4 - Arduino e seus componentes.



Fonte: Google Imagens (2021).

Protoboard, matriz de contato ou placa de ensaio esses são vários nomes para uma das peças mais importantes quando o assunto é montagem de circuitos elétricos. A protoboard é uma placa matriz de contato que permite a construção de circuitos experimentais sem a necessidade de solda, nessa forma ela é um equipamento mais seguro caso necessário fazer um reparo ou modificação, ou seja, ela pode ser usada em vários projetos de acordo com a necessidade e depois desligar os cabos. Ao montar circuitos com a protoboard os jumpers são essenciais pois tem como função conduzir energia elétrica entre um barramento e outro.

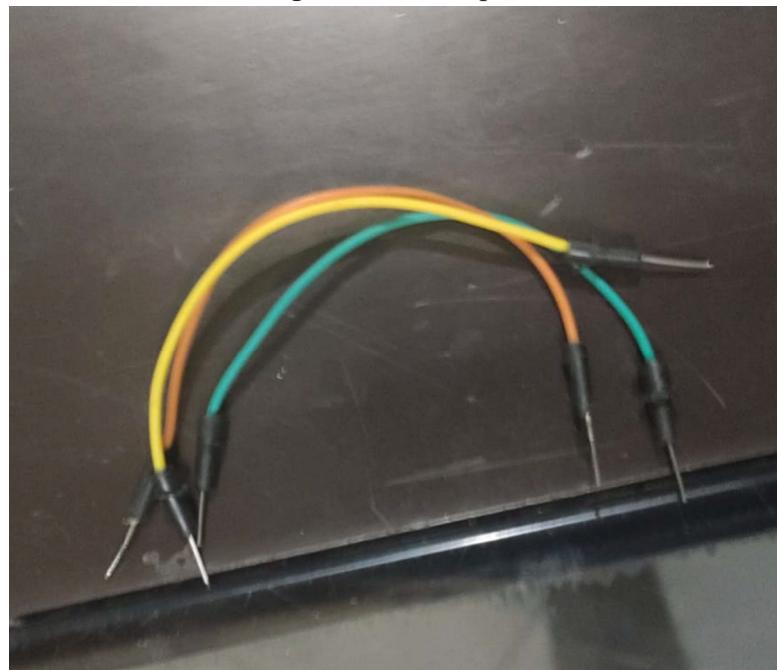
Figura 5 – Protoboard.



Fonte: Autores (2021).

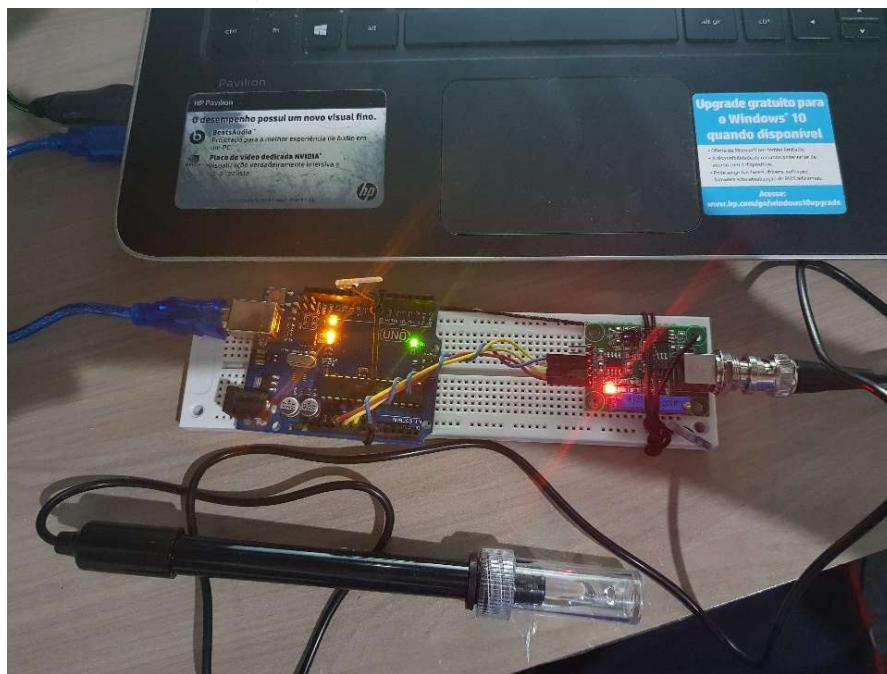
O fio jumper é uma espécie de conexão móvel, através de uma espécie de ponte elétrica, pode-se conectar, derivar, ligar ou desligar dois pontos de um circuito eletrônico. Geralmente é encontrado como uma peça de plástico isolada contendo fios de metal em seu interior.

Figura 6 - Fio Jumper.



Fonte: Autores (2021).

Figura 7 - Sistema de monitoramento.



Fonte: Autores (2021).

3.2 Programação

Para a parte da programação foi usado um Computador, a linguagem de programação utilizada no Arduino é a C++. A programação para Arduino é demasia-damente simples tendo duas funções base “void setup()” e “void loop()” a primeira função foi executada no momento que o Arduino foi ligado e somente foi executado uma vez e é onde se inicializa o monitor serial, uma forma de comunicação entre o Arduino e o computador, e seleciona o modo em que o pino correspondente a variável pH_value como entrada. Os dois comandos fora das duas funções int ph_value; e float voltage; são declarações de variáveis sendo que uma armazenara números inteiros e a outros números reais com ponto flutuante.

A função void loop() foi executada até o Arduino ser desligado e contém uma leitura do pino A0 sendo armazenada na variável “ph_value”, o resultado de uma operação sendo armazenado na variável “Voltage”, o comando “Serial.println (Voltage);” sendo enviado para o monitor serial que fara com que o monitor serial apresente o valor armazenado na variável voltage e o comando “delay(500)” que fara com que o Arduino espere 500 milissegundos para repetir novamente a função loop.

O Arduino é uma das principais fontes de pesquisa desse trabalho, e o processo para rodar ele é basicamente dividido em 3 etapas e elas são:

- Alimentar e conectar o Arduino ao PC pelo cabo USB
- Na IDE selecionar o modelo da placa (IDE é o programa a ser instalado no computador)
- Abrir a aba *Tools*, selecionar a opção *Board* e depois selecionar *Arduino Uno (ou outro modelo que você esteja utilizando)*
- Selecionar porta serial para a qual a placa foi atribuída
- Abrir a aba *Tools*, selecionar a opção *Serial Port* e depois selecionar a porta COMX, em que X é o número que o PC associou à porta serial atribuída ao Arduino

Código usado:

```
int pHSense = A0;
int samples = 10;
float adc_resolution = 1024.0;
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    delay(100);
    Serial.println("Valores de pH lidos");
}
float ph (float voltage) {
    return 7 + ((2.5 - voltage) / 0.18);
}
void loop()
```

```
{
    int measurings=0;
    for (int i = 0; i < samples; i++)
    {
        measurings += analogRead(pHSense);
        delay(10);
    }
    float voltage = 5 / adc_resolution * measurings/samples;
    Serial.print("pH=");
    Serial.println(ph(voltage));
    delay(3000);
}
```

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após montagem do protótipo, foram realizados os seguintes testes de validação com os produtos: Limonada, Vinagre, Refrigerante, Café, Leite, Água Mineral, Água Sanitária. Os testes foram realizados a temperatura de 25°C.

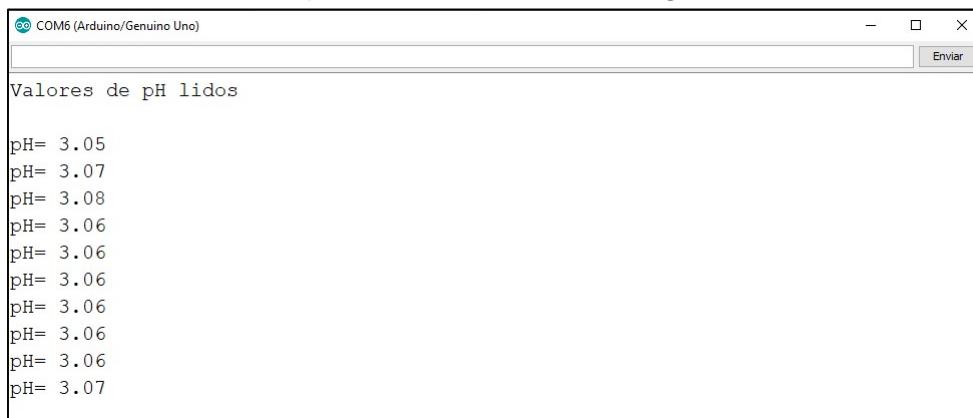
Limonada: os valores obtidos no teste do Phmetro foram entre 2,20 e 2,23. O pH do suco de limão é cerca de 2,0 e varia de 2 a 3. Ou seja, correspondente com os valores conhecidos.

Figura 8 - Leitura do PH da limonada.

```
COM6 (Arduino/Genuino Uno)
-
Enviar
Valores de pH lidos
pH= 2.20
pH= 2.21
pH= 2.23
pH= 2.21
pH= 2.21
pH= 2.20
pH= 2.21
pH= 2.23
pH= 2.21
pH= 2.20
```

Fonte: Autores (2021).

Vinagre: os valores obtidos no teste do foram entre 3,05 e 3,07 e novamente bate com os valores da figura 2.

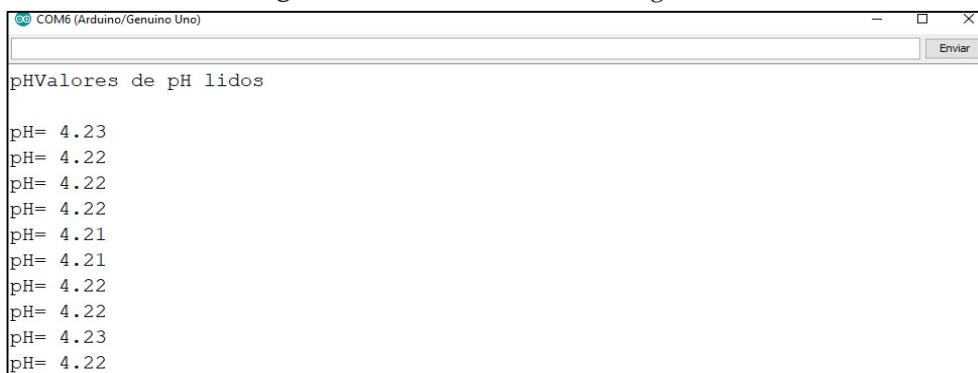
Figura 9 - Leitura do PH do vinagre.


The screenshot shows the Arduino Serial Monitor window titled "COM6 (Arduino/Genuino Uno)". The text area displays the following pH readings:

```
pH= 3.05
pH= 3.07
pH= 3.08
pH= 3.06
pH= 3.06
pH= 3.06
pH= 3.06
pH= 3.06
pH= 3.06
pH= 3.07
```

Fonte: Autores (2021).

Refrigerante: Todos os refrigerantes possuem pH ácido (2,7 a 3,5 de acordo com o tipo do refrigerante). O refrigerante usado foi o fanta laranja que na leitura deu um pouco acima do normal, porem como foi dito antes vai de acordo com o refrigerante.

Figura 10 - Leitura do PH do refrigerante.


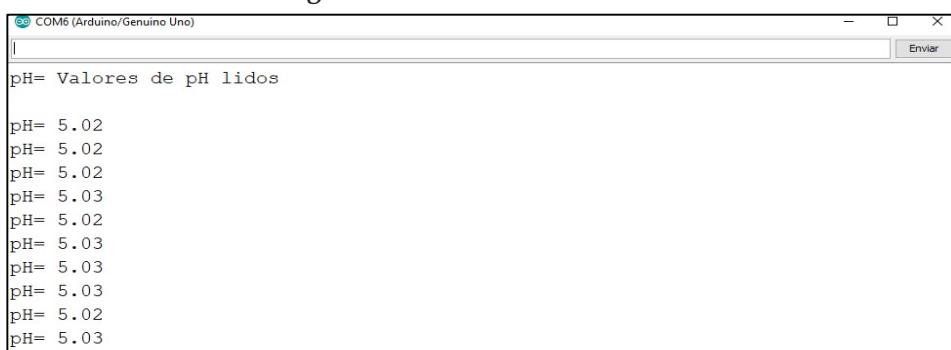
The screenshot shows the Arduino Serial Monitor window titled "COM6 (Arduino/Genuino Uno)". The text area displays the following pH readings:

```
pHValores de pH lidos

pH= 4.23
pH= 4.22
pH= 4.22
pH= 4.22
pH= 4.21
pH= 4.21
pH= 4.22
pH= 4.22
pH= 4.23
pH= 4.22
```

Fonte: Autores (2021).

Café: o Ph do café é 5, ele pode sofrer várias variações devido o tipo da marca do café, da agua utilizada.

Figura 11 - Leitura do PH do café.


The screenshot shows the Arduino Serial Monitor window titled "COM6 (Arduino/Genuino Uno)". The text area displays the following pH readings:

```
pH= Valores de pH lidos

pH= 5.02
pH= 5.02
pH= 5.02
pH= 5.03
pH= 5.02
pH= 5.03
pH= 5.03
pH= 5.03
pH= 5.03
pH= 5.02
pH= 5.03
```

Fonte: Autores (2021).

Leite: O pH do leite fresco apresenta reação ligeiramente ácida, variando entre 6,6 e 6,8, com média de 6,7, os valores lidos foram entre 6,03 e 6,07.

Figura 12 - Leitura do PH do leite.

```
pH=Valores de pH lidos
pH= 6.03
pH= 6.05
pH= 6.04
pH= 6.07
pH= 6.05
pH= 6.05
pH= 6.05
pH= 6.05
pH= 6.05
pH= 6.05
```

Fonte: Autores (2021).

Água mineral: O ph ideal para consumo da água deve variar entre 7 e 9,5, mais alcalino, Isso ocorre porque valores de pH mais ácidos, de 0 a 6, dificultam a tarefa do corpo de eliminar os radicais livres.

Figura 13 - Leitura do PH da água mineral.

```
pH= Valores de pH lidos
pH= 6.28
pH= 6.25
pH= 6.26
pH= 6.26
pH= 6.27
pH= 6.27
pH= 6.26
pH= 6.26
pH= 6.27
pH= 6.26
```

Fonte: Autores (2021).

Água Sanitária: O pH da água sanitária é entre 11,5 e 13,5. Os valores lidos variam entre 12,32 e 12,35.

Figura 14 - Leitura do PH da Água Sanitária

```
pH= Valores de pH lidos
pH= 12.33
pH= 12.35
pH= 12.35
pH= 12.33
pH= 12.32
pH= 12.32
pH= 12.35
pH= 12.35
pH= 12.32
pH= 12.35
```

Fonte: Autores (2021).

Os valores obtidos foram comparados com valores apresentados na literatura clássica, onde verificou-se que os valores lidos estavam dentro da fixa esperada para cada um dos itens.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou a construção de um Phmetro de baixo custo baseado em Arduino.

O sistema operou dentro da normalidade, alcançando valores esperados pela literatura para cada um dos itens monitorados. De forma que o sistema pode ser considerado um excelente custo benefício para pequenos projetos.

Para pesquisas posteriores, sugere-se acoplar o sistema a uma interface LCD, o desenvolvimento de um sistema de armazenamento de dados em cartão micro SD, facilitando assim a sua portabilidade.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Niza Helena. **Metodologia para avaliação e qualificação de instrumentos medidores de pH**. Dissertação de mestrado Pontifícia Universidade Católica do Paraná Curitiba, 2005.

ARDUINO. What is Arduino? Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 23 abril 2021.

ARDUINO. Compare boardspecs. 2017. Disponível em:

<https://www.Arduino.cc/en/Products/Compare_A2>. Acesso em: 03 maio 2021.

ARDUINO E CIA. Gravando dados do Arduino no cartão SD. 2014. Disponível em: <<http://www.arduinoecia.com.br/2014/11/gravando-dados-arduino-cartao-sd.html>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

BANZI, M. **Primeiros Passos com o Arduino**. São Paulo: Novatec Editora, 2012. 151 p.

BRASIL. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. (Org.). **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2013. 150 p.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano; MOLISANI, Elio. **Física com Arduino para iniciantes**. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 33, n. 4, p. 4503, Dec. 2011.

GARRETT, Filipe. Jumpers: entenda o que são e para que servem essas peças. In: Garrett, Filipe. Jumpers: entenda o que são e para que servem essas peças. [S. l.], 31 mar. 2015. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2015/03/jumpers-entenda-o-que-sao-e-para-que-servem-essas-pecas.html>>. Acesso em: 5 maio 2021.

GUEDES, Kayobrussy. O que é um jumper? Quando e como usar.... In: GUEDES, Kayobrussy. O que é um jumper? Quando e como usar.... [S. l.], 11 mar. 2020. Dis-

ponível em: <<https://www.topgadget.com.br/howto/electronica/o-que-e-um-jumper-quando-e-como-usar.htm>>. Acesso em: 20 maio 2021.

MARTINS, Elaine. O que são jumpers? In: MARTINS, Elaine. O que são jumpers? [S. l.], 20 jan. 2009. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/placa-mae/1385-o-que-sao-jumpers-.htm>>. Acesso em: 16 maio 2021.

MOTA, Allan. Protoboard - O que é e como usar? O que é Protoboard? In: Protoboard - O que é e como usar? O que é Protoboard? [S. l.], 6 mar. 2018. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/protoboard/>>. Acesso em: 1 jun. 2021.

PONTES, Aline Santos de. **Desenvolvimento de um fotômetro LED-Vis portátil e microcontrolado por Arduino**. Joao Pessoa - PB: UFPB, 2014.

RODRIGUES, Natielli. O que é um Arduíno? Para que serve e como funciona?. In: O que é um Arduíno? Para que serve e como funciona?. [S. l.], 31 maio 2021. Disponível em: <<http://meuprofessordefisica.com/2018/03/27/o-que-e-um-arduino-para-que-serve-e-como-funciona/>>. Acesso em: 31 maio 2021.

SOUZA, Thaís Inês Marques de, PEREIRA, Sidney, DURÃES, Carla Adriana Ferreira, OLIVEIRA, Jocilane Pereira de. **Desenvolvimento de um medidor de pH baseado em Arduino**. 2015. Trabalho apresentado ao Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC 2015, Fortaleza, 2015.

SUHANKO, Djames. Como funciona a protoboard?: Como funciona a protoboard e pra que serve?. In: SUHANKO, Djames. Como funciona a protoboard?: Como funciona a protoboard e pra que serve?. [S. l.], 21 abr. 2011. Disponível em: <[https://www.dobitaobyte.com.br/como-funciona-a-protoboard/#:~:text=Proto%20board%20ou%20bread%20board&text=Ela%20%C3%A9%20utilizada%20para%20comportar,dele\)%20pois%20pode%20receber%20interfer%C3%AAncias](https://www.dobitaobyte.com.br/como-funciona-a-protoboard/#:~:text=Proto%20board%20ou%20bread%20board&text=Ela%20%C3%A9%20utilizada%20para%20comportar,dele)%20pois%20pode%20receber%20interfer%C3%AAncias)>. Acesso em: 18 maio 2021.

TOMPSEN, Adilson. O QUE e arduino: o que é arduino. [S. l.], 2 set. 2014. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em: 31 mar. 2021.

VAIANO, Bruno. O pH da água influencia a nossa saúde? In: VAIANO, Bruno. O pH da água influencia a nossa saúde?. [S. l.], 19 mar. 2020. Disponível em: <<https://super.abril.com.br/blog/oraculo/o-ph-da-agua-influencia-a-nossa-saude/>>. Acesso em: 31 mar. 2021.

VIANA, Carol. Conhecendo a placa Arduino UNO. In: Conhecendo a placa Arduino UNO. [S. l.], 17 set. 2020. Disponível em: <<http://www.blogdarobotica.com/2020/09/17/conhecendo-a-placa-arduino-uno/>>. Acesso em: 4 abr. 2021.

VIDAL, Vitor. O que e arduino. [S. l.], 19 jun. 2017. Disponível em: <<https://blog.eletrogate.com/arduino-primeiros-passos/>>. Acesso em: 7 abr. 2021.

CAPÍTULO 5

SENSORES PIEZOELÉTRICOS: DA GERAÇÃO DE ENERGIA À AUTOMAÇÃO

PIEZOELECTRIC SENSORS: FROM ENERGY GENERATION TO AUTOMATION

Etinágil Patrício Pacheco¹
Iridani Sales Da Silveira Júnior²
Luíz Gabriel Souza De Oliveira³
Márlison Santos de Sá⁴

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.5

¹ Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0002-6830-0953>, etinagilpp@gmail.com,

² Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0002-1912-747X>, iridane1996@gmail.com.

³ Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0002-2764-4936>, lg.souza1997@gmail.com.

⁴ Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0001-7470-2636>, 270102987@prof.unama.br.

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo desenvolver um sistema de geração de energia limpa e renovável baseada em sensores piezelétricos. Ao sofrerem uma compressão ou uma descompressão os sensores piezelétricos dão origem a um campo elétrico, e por consequência, diferença de potencial e corrente elétrica. Foram utilizados 20 sensores no desenvolvimento do protótipo de teste. O sistema ficou associado a uma ponte de diodos (1N4148) para a retificação do sinal de corrente e um capacitor ($100\mu F$) para armazenar a energia gerada. O sistema gerou uma tensão máxima de 19.9mV. A energia armazenada por um sistema piezelétrico pode ser utilizada de diversas formas, especialmente em situações de baixa demanda de energia e o pulso elétrico criado pode ser utilizado em diversos sistemas de automação e mecanismos de segurança.

Palavras chaves: Energia limpa. Sensores piezelétricos. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The present work aimed to develop a clean and renewable energy generation system based on piezoelectric sensors. When undergoing compression or decompression, piezoelectric sensors give rise to an electric field, and consequently, a potential difference and an electric current. 20 sensors were used in the development of the test prototype. The system was associated with a diode bridge (1N4148) for the rectification of the current signal and a capacitor ($100\mu F$) to store the generated energy. The system generated a maximum voltage of 19.9mV. The energy stored by a piezoelectric system can be used in different ways, especially in situations of low energy demand, and the electrical pulse created can be used in various automation systems and security mechanisms.

Keywords: Generates clean. Piezoelectric sensors. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A conversão de energia é o fenômeno físico que tem como princípio afirmar que a energia não pode ser destruída nem criada. Em vez disso, a energia apenas se transforma de uma forma para outra. Esse procedimento acontece o tempo todo.

Um sensor piezelétrico pode converter a força exercida sobre ele por compressão, impacto de aceleração, ou vibração em um sinal elétrico cuja força é proporcional à intensidade da força, também é um amplificador que mede a pressão

ou tensão utilizando a piezeletricidade. Piezeletricidade é a capacidade que alguns cristais possuem de gerarem corrente elétrica em resposta a uma pressão mecânica.

Nesse sentido o presente trabalho teve por objetivo desenvolver um sistema de geração de energia limpa e renovável baseada em sensores piezelétricos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cristais Piezelétricos

De acordo com Callister (2006), os materiais ferroelétricos têm o efeito piezelétricos. Por possuírem esta propriedade podem ser utilizados em aplicações que carecem do funcionamento piezelétrico, tal como sensores e atuadores, sendo eles pertencente à classe dos materiais inteligentes.

“O parâmetro necessário para um material possuir propriedade piezelétrica é a assimetria das cargas elétricas em cada célula unitária, isso possibilita a formação de um forte dipolo entre íons” (CALLISTER, 2006).

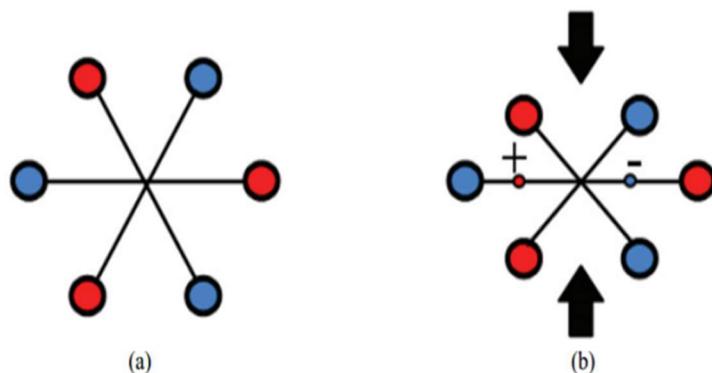
Segundo Carbonari (2003) a piezeletricidade é um atributo que certos materiais oferecem, que pode ser definida como a polarização elétrica produzida por uma deformar mecânica em certos tipos de cristais.

2.2 Efeito Piezelétrico

O material piezelétrico ao sofrer uma modificação torna-se eletricamente polarizado, criando assim um campo elétrico interno (ÖZEMIR, OY, 2016).

A figura 1, exibe a polarização de um material que sofre com uma deformação, definida assim (a) estado de repouso e (b) estado de compressão quando o material sofre com uma deformação.

Figura 1 - Polarização de um material piezelétrico.



Fonte: ÖZEMIR (2016).

O efeito piezelétrico é definido como a conversão de energia mecânica em energia elétrica ou vice-versa, a conversão de energia mecânica em energia elétrica é pelo modo direto, e a conversão de energia elétrica em energia mecânica se dá pelo modo inverso. Assim, o sistema constitui-se de dois subsistemas físicos acoplados os quais são: O mecânico e o elétrico (eletromecânico) (MOHEINMANI, et al., 2006 apud FILHO, 2014).

O modo de conversão direto pode ser definido pela alteração da polaridade segundo a deformação aplicada. Assim o material é definido como piezelétrico quando se aplica uma força externa e alcançar uma polarização elétrica interna, tendo a intensidade relacionada diretamente a simetria do material.

O modo de conversão inverso é aquele que ao aplicar um campo elétrico externo, o cristal se deforma. Os efeitos se manifestam da mesma propriedade fundamental dos cristais acêntricos (TICHÝ et al., 2010 apud DOMINGOS; WEISS; WOLF, 2013).

2.3 Sensor Piezelétrico

O sensor piezelétrico, também conhecido como diafragma piezelétrico, é um artefato eletrônico facilmente encontrado no mercado, com formato de um disco fino e com diâmetro que na maioria das vezes varia entre 15 e 35mm. Este material é composto por três elementos fundamentais: uma membrana de cerâmica piezelétrica, uma placa metálica (normalmente de latão, aço inox ou liga de níquel) e uma membrana em solução em gel usada como eletrodo em ambos os lados (MURATA, 2012).

2.4 Energia Piezelétrica

Uma das principais cidades do mundo a testar esta forma de energia foi a França, onde oito módulos instalados nas calçadas da região central da cidade produziram cerca de 60 watts de eletricidade. Na Inglaterra, um supermercado alojou placas piezoeléctricas na entrada do estacionamento produzindo 30kW/h exclusivamente com a passagem de automóveis (JULIÃO, 2010).

3 METODOLOGIA

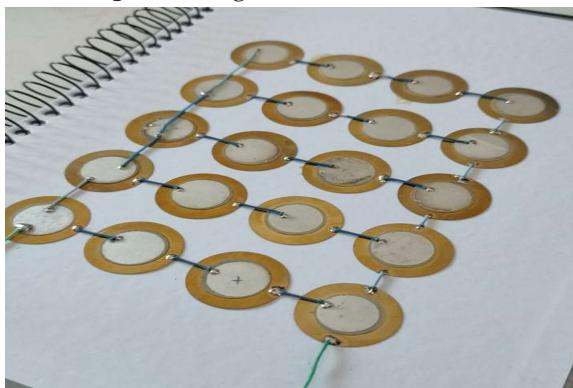
Realizou-se a montagem de um sistema de conversão de energia mecânica em energia elétrica, utilizando pastilhas piezelétricas encontradas no mercado brasileiro. A sequência metodológica segue apresentada em três etapas: Desenvolvimento

da componente mecânica do sistema; desenvolvimento da componente eletrônica do sistema e a realização do teste de geração de energia elétrica.

3.1 Desenvolvimento da mecânica do sistema

Para desenvolver a componente mecânica foi utilizada uma base de capa de caderno escolar, onde foram acoplados com cola, os sensores, conforme mostra a figura 2.

Figura 2 - Ligações entre sensores.

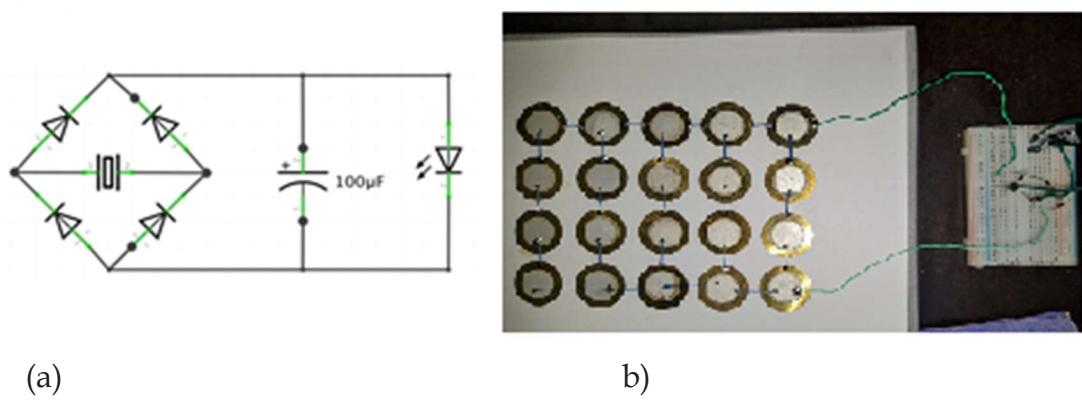


Fonte: Autores (2021).

3.2 Desenvolvimento da eletrônica

Para efetuar o desenvolvimento da parte eletrônica, como já antecipa a figura 2, foram utilizados 20 sensores piezelétricos. O arranjo adotado foi o misto, contendo 5 linhas paralelas compostas por 4 sensores em série. O arranjo adotado foi definido considerando que seria importante haver um balanceamento nas grandezas tensão e corrente.

Em seguida o sistema foi acoplado a uma ponte de diodos (1N4148) para a retificação do sinal de corrente, um capacitor ($100\mu F$) para armazenar a energia gerada e um led, conforme mostra a figura 3a e 3b.

Figura 3 - (a) Diagrama. (b) circuito real.

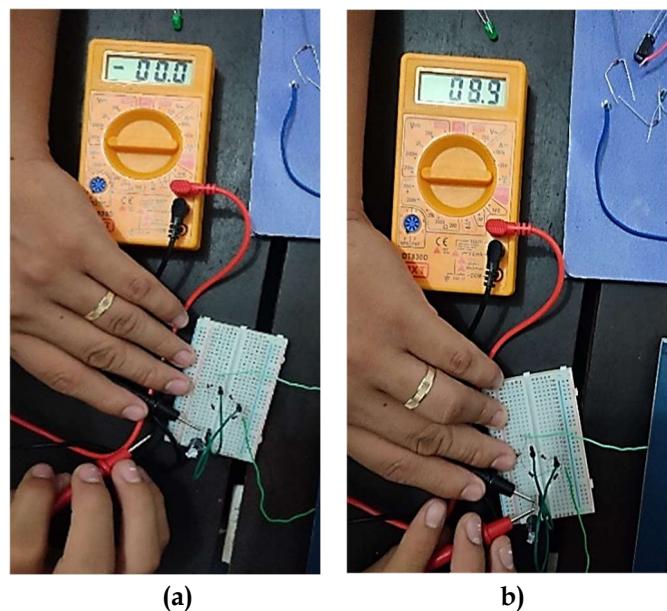
Fonte: Autores (2021).

3.3 Teste de geração de energia elétrica

Os testes foram voltados para verificar a capacidade de geração de energia em elétrica em função de contínuos pulsos de pressão sobre a estrutura mecânica. Para essa etapa, foi utilizado um multímetro de suporte para aferir os valores crescentes de tensão no capacitor, por conta do aumento da energia elétrica, armazenada na forma de campo elétrico entre as placas do capacitor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos procedimentos metodológicos apresentados anteriormente, observou que a ação de compressão e descompressão sobre a estrutura mecânica levava ao surgimento de uma diferença de potencial conforme mostra a figura 4.

Figura 4 - (a) Sem ação mecânica. (b) Com ação mecânica

Fonte: Autores (2021).

Observou-se que na ausência de ação mecânica a tensão apresentada do voltmetro era 0V. Entretanto na presença de uma leve ação mecânica com o simples descansar da mão de um adulto sobre a estrutura mecânica o sistema causava um aumento de tensão na taxa de 19,9mV por pulso.

Tal resultado sugere que um sistema composto por sensores piezelétricos podem ser utilizados para geração de energia. Entretanto, o custo benefício se mostra melhor para a situação onde se possa imprimir um sensor grande, composto por uma única peça, conforme Julião (2010).

Entretanto, é bastante salutar que o sistema apresentado pode ser utilizado no campo da automação, já que ao produzir pequenos pulsos de tensão, pode ser acoplado a um microcontrolador e este pode realizar o acionamento de alguma carga, rotina ou sistema de segurança e/ou bem estar.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou um protótipo de um sistema de geração de energia baseado em sensores piezelétricos. O sistema operou dentro da normalidade, apresentando um incremento na tensão na ordem de 19,9mV por pulso mecânico, sendo capaz de algum tempo acender o led.

O sistema se mostrou promissor especialmente no que refere-se a sistemas de automação, ao enviar pulsos elétricos a um microcontrolador genérico, ao sofrer compressão ou descompressão.

Para pesquisas posteriores sugere-se o uso de sensores com maiores dimensões, visando a simplificação do sistema e otimização da transformação de energia mecânica em elétrica. Além disso, novos trabalhos devem surgir nesse campo especialmente quanto a formas de uso da energia/pulsos elétricos gerados por esses sistemas.

REFERÊNCIAS

ARDUINO. Acender led com um disco piezoelétrico. Disponível em: <<http://www.squids.com.br/arduino/index.php/projetos-arduino/projetos-squids/basico/120-projeto-32-acender-led-com-um-disco-piezoeletroico>>. Acesso em: 01 de Out. 2021.

ARDUINO. O que é efeito piezoelétrico. Disponível na internet. <O que é efeito Piezoelétrico? | BC END - Ensaios Não Destrutivos>. Acesso em: 03 de Out. 2021.

CALLISTER, W.D. **Materials Science and Engineering: An Introduction**. John Wiley & Sons, E.U.A, 5ed., 2006.

CARBONARI, R. C, 2003, **Projeto de atuadores piezelétricos flexensionais usando o método de otimização topológica, tese de mestrado**, São Paulo- S.P. - Brasil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

FARRET, Felix Alberto. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica.** 3^a edição. Santa Maria: Editora da UFSM – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, 2014. 319p.

JULIÃO, A. Energia limpa sob nossos pés. Revista Istoé, 2010. N° 2114. Disponível em: <istoe.com.br>. Acesso em: 29 de Set. 2021.

MCROBERTS, M. **Arduino Básico.** São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2011. 443 p

MOHEIMANI, S.O. R.; FLEMING, A. J. **Piezoelectric Transducers for Vibration Control and Damping.** London: Springer, 2006. 279 p.

ÖZEMİR, A. K; OY, S. A, **Alternative renewable energy producing systems by utilizing piezoelectric transducers**, IEEE International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA), p. 59-62, 2016.

SÓ FÍSICA. História da Eletricidade. Virtuous Tecnologia da Informação, 2008-2021. Disponível em: <<http://www.sofisica.com.br/conteudos/HistoriaDaFisica/historiadaeletricidade.php>>. Acesso em: 29 de Set. 2021.

TICHÝ, J.; ERHART, J.; KITTINGER, E.; PRÍVRATSKÁ, J. **Fundamentals of Piezoelectric Sensorics: Mechanical, Dielectric, and Thermodynamical Properties of Piezoelectric Materials.** New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010.

WOODFORD, Chris. (2009/2020) Piezoelectricidade. Disponível em: <explainthatstuff.com>. Acesso em: 25 de Set. 2021.

CAPÍTULO 6

DESENVOLVIMENTO DE UMA MALETA DIDÁTICA PARA REPRESENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID

*DEVELOPMENT OF A DIDACTIC KIT FOR THE
REPRESENTATION OF AN OFF-GRID PHOTOVOLTAIC
SYSTEM*

Carlos William Oliveira de Souza¹

Luis Henrique Dias Braga²

Vandressa Silva Araújo³

Márlison Santos de Sá⁴

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.6

¹ Centro Universitário da Amazônia-UNAMA, <https://orcid.org/0000-0002-6552-4601>, carloswiilcarvalho@gmail.com

² Centro Universitário da Amazônia-UNAMA, <https://orcid.org/0000-0003-0133-4822>, luisdias045@gmail.com

³ Centro Universitário da Amazônia-UNAMA, <https://orcid.org/0000-0002-1058-7971>, vandressaluiza19@gmail.com,

⁴ Centro Universitário da Amazônia-UNAMA, <https://orcid.org/0000-0001-7470-2636>, 270102987@prof.unama.br

RESUMO

Na Amazônia, os sistemas fotovoltaicos *off-grid* podem suprir as demandas das comunidades isoladas que não têm acesso à rede elétrica de distribuição. No entanto, a adoção de energias alternativas tem como obstáculos a informação e a formação educacional, pois não há uma continuidade ao longo prazo desses sistemas, devido à falta de capacitação e envolvimento da comunidade para que possa se apropriar da tecnologia instalada a fim de que as situações de mau uso e/ou abandono dos projetos fotovoltaicos não ocorram. Esse trabalho, portanto, busca desenvolver uma maleta didática de baixo custo para demonstrar o funcionamento de um sistema fotovoltaico *off-grid*, buscando proporcionar uma melhor compreensão sobre o uso desse tipo de tecnologia. Para isso, o trabalho foi dividido em cinco etapas, primeiramente, a realização de um estudo bibliográfico; em seguida, o levantamento dos componentes elétricos necessários para o desenvolvimento do projeto; a terceira etapa e quarta etapa foram, respectivamente, o dimensionamento da estrutura física do protótipo e a execução da construção da maleta; e, por fim, como última etapa propõe-se a realização de testes experimentais. Como resultados o projeto atende às características de ser portátil, de fácil instalação e manuseio, a fim de permitir ao usuário total interação com o sistema e visualizar as tecnologias presentes em um projeto fotovoltaico *off-grid*. Por fim, o equipamento poderá atender tanto as comunidades ribeirinhas quanto a população em geral, como em demonstrações em escolas, feiras de ciência e auxiliando professores e alunos em atividades laboratoriais.

Palavras-chave: Amazônia. Didática. Energias Renováveis. Sistema fotovoltaico.

ABSTRACT

In the Amazon, *off-grid* photovoltaic systems can meet the demands of isolated communities that do not have access to the electricity distribution network. However, the introduction of alternative energies has as obstacles to information and educational training, as there is no long-term continuity of these systems, due to the lack of training and community involvement so that it can appropriate the installed technology so that situations of misuse and/or abandonment of photovoltaic projects do not occur. This work, therefore, seeks to develop a low-cost didactic kit to demonstrate the operation of an *off-grid* photovoltaic system, seeking to provide a better understanding of the use of this type of technology. For this, the work was divided into five stages, firstly, a bibliographical study; then, the survey of the electrical components necessary for the development of the project; the third stage and fourth stage were, respectively, the dimensioning of the physical structure of the prototype and the execution of the construction of the kit; and, finally, as a last step,

experimental tests are proposed. As a result, the project meets the characteristics of being portable, of easy installation and handling, in order to allow the user to fully interact with the system and visualize the technologies present in an *off-grid* photovoltaic project. Finally, the equipment will be able to serve both riverside communities and the population in general, such as demonstrations in schools, science fairs and helping teachers and students in laboratory activities.

Keywords: Amazon. Didactic. Photovoltaic System. Renewable Energy.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o crescimento populacional e o desenvolvimento tecnológico geraram um aumento na demanda de energia no planeta, ocasionando uma crise energética devido ao esgotamento dos combustíveis fósseis, principal fonte de energia no mundo, bem como a preocupação ambiental com os altos índices de poluição relacionados a eles (KÜSEL, 2018). Nesse contexto, a energia solar fotovoltaica emerge como uma alternativa econômica e sustentável, destacando-se a sua diversidade de aplicações, como no uso de sistemas fotovoltaicos isolados (*off-grid*) que possibilitam a geração de energia elétrica em locais remotos (ANEEL, 2008).

Na Amazônia, os sistemas fotovoltaicos *off-grid* podem suprir as demandas da população que não está conectada à rede elétrica de distribuição. Isto é muito importante para a democratização do consumo e uso da energia, pois garante a melhoria da qualidade de vida das comunidades rurais e tradicionais, ao elevar seus níveis de organização social a fim de que as mesmas possam ter acesso às políticas públicas, acesso a direitos básicos, e consequente inclusão social (NODA et al., 2013).

No entanto, apesar dessa tecnologia se tornar uma promessa no âmbito da geração distribuída para o futuro do Brasil, a adoção de energias alternativas tem como obstáculos a informação e a formação educacional. Conforme sugere RIBEIRO (2013) e FONSECA (2016) há diversas situações de insucesso com projetos fotovoltaicos instalados em comunidades isoladas, pois não há um acompanhamento ao longo prazo desses sistemas, assim, verifica-se a necessidade não só de treinamento e capacitação, mas também de envolvimento da comunidade para que possa se apropriar da tecnologia instalada a fim de que as situações de mau uso e/ou abandono dos projetos não ocorram.

Dessa forma, o uso de equipamentos didáticos é uma solução tecnológica capaz de auxiliar no ensino de sistemas de geração de energia a partir da fonte

solar, pois torna possível associar as teorias, experimentos práticos e funções de componentes eletrônicos na operação e comandos do sistema fotovoltaico *off-grid* (PAINES, 2014). Esta ferramenta didática permite realizar estes processos de forma prática, simples e confiável em qualquer local por atender as características de ser portátil e de visualização imediata.

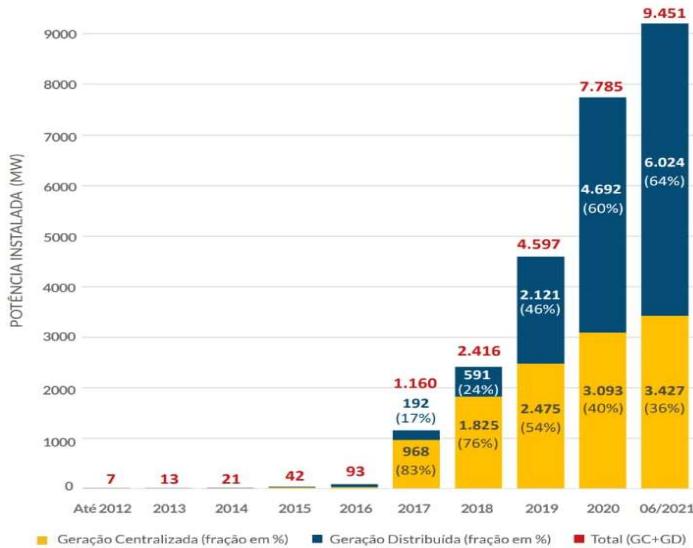
Esse trabalho, portanto, busca desenvolver uma maleta didática de baixo custo para demonstrar o funcionamento de um sistema fotovoltaico *off-grid*, buscando proporcionar uma melhor compreensão sobre o uso desse tipo de tecnologia e também estimular os usuários a explorar novas possibilidades e aplicações da energia solar fotovoltaica em seu cotidiano. Logo, a partir desse conhecimento científico, as comunidades podem ter maior autonomia em suas produções socioeconômicas e garantir a continuidade e sustentabilidade dos projetos fotovoltaicos *off-grid*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Fatores como a crescente preocupação mundial com a preservação do meio ambiente e a necessidade de utilização de fontes renováveis de energia, aliados ao aumento considerável da demanda energética e ao risco de redução da oferta de combustíveis convencionais vem estimulando o desenvolvimento de importantes pesquisas e tecnologias sobre fontes alternativas de energia (DA SILVA, 2019). Dentro elas, a energia solar fotovoltaica se evidencia como uma tecnologia capaz de reduzir os impactos ambientais e promover maior segurança energética.

No Brasil, esta inovação tem ganhado importância, pois o país possui condições climáticas favoráveis para sua geração, com intensa luminosidade na maioria das regiões, e graças a incentivos feitos pelo governo federal para difusão dessa fonte de energia, contribuindo por diversificar a matriz energética brasileira (RODRIGUES, 2014). Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR, 2021), o Brasil bateu 9 GW de potência instalada em energia solar em 2021 (Figura 1) e a estimativa do governo aponta para 22 GW de energia solar distribuída no Brasil até 2030.

Figura 1 - Infográfico da energia solar no Brasil.



Fonte: Absolar (2021).

Uma das aplicações mais importantes desse tipo de fonte renovável são os chamados sistemas solares fotovoltaicos isolados ou autônomos (*off-grid*), que não estão conectados à rede elétrica convencional e por isso podem abastecer locais remotos como comunidades ribeirinhas e tradicionais (ALVES, 2019). Na Amazônia, sua grande extensão territorial, baixa densidade demográfica e densa rede hidrográfica dificultam e encarecem o acesso à energia. Diante disso, a maioria das áreas isoladas não recebem o fornecimento regular de energia elétrica, acarretando graves dificuldades econômicas, culturais e de exclusão social para esses povos (DI LAS-CIO, 2009).

Neste sentido, os sistemas fotovoltaicos *off-grid* são uma excelente resposta para a universalização do consumo/uso da energia nessa região, com um reduzido impacto ambiental. Contudo, é importante que a introdução de qualquer projeto e/ou tecnologia de desenvolvimento seja precedida de estudo e compreensão sobre a cultura e organização social do local. É preciso adequar os métodos de implantação do projeto levando em consideração as raízes culturais das populações humanas, a fim de se assegurar o desenvolvimento social, econômico e ambiental da comunidade (ARAÚJO, 2014).

Dessa forma, diferentes autores (VALER et. al., 2017; FONSECA et. al., 2016; e RIBEIRO et. al., 2013) relatam tentativas malsucedidas (Figura 2) de implantação de sistemas fotovoltaicos em comunidades isoladas, tendo em vista a ausência de um monitoramento a longo prazo dos equipamentos, associado ao desconhecimento dos moradores locais sobre o funcionamento e especificações da nova tecnologia inserida, bem como a falta de participação no processo de instalação.

Figura 2 - Projeto fotovoltaico abandonado na Comunidade de Surucá-PA.

Fonte: Autores (2021).

Consequentemente, a manutenção (inerente a qualquer projeto) fica inviável por conta da dificuldade de acesso e retorno dos técnicos responsáveis, além do uso inapropriado, sendo comum os comunitários sobrecarregarem os sistemas *off-grid* ao adicionarem mais cargas indevidas. Segundo VILLAÇA (2011), faz-se necessário educar pessoas e conscientizá-las sobre a maneira correta de utilizar a energia para garantir a qualidade de vida das populações beneficiadas.

Portanto, o foco desse trabalho é uma montagem experimental capaz de promover uma melhor aprendizagem dos sistemas fotovoltaicos *off-grid*. A seguir são apresentadas a importância do caráter educativo do projeto e o funcionamento geral da tecnologia empregada no protótipo desenvolvido.

2.1 Equipamentos didáticos

Para PAINES (2014), considerando as possibilidades e empregabilidade da energia solar, torna-se indispensável ao profissional ou estudioso das áreas de energias renováveis e tecnológicas, o conhecimento aprofundado dos princípios e métodos de geração de energia elétrica a partir do recurso solar. Por isso, é importante que os profissionais conheçam o funcionamento deste tipo de conversão energética.

Os kits didáticos são ferramentas alternativas para a introdução e aprendizado de novas tecnologias, visto que possibilita a realização de experimentos por meio de desenvolvimento de atividades em diversas áreas de ensino. Podem ser produtos eletrônicos, hardware ou software que possibilitam ser utilizados como ferramenta didática de abordagem de conteúdos teóricos e procedimentos de atividades experimentais (PAINES, 2014).

O kit didático de geração de energia solar introduz os princípios de energia fotovoltaica solar através de experiências práticas, os fundamentos e aplicações, e o incentivos ao uso de uma fonte de energia renovável e limpa (PAINES, 2014).

A maleta de sistemas fotovoltaicos isolados, em conjunto com outros materiais didáticos, vem tendo um alcance considerável, principalmente no meio estudantil, destacando-se também a facilidade de transporte aos locais de apresentação externos ao laboratório, cumprindo a meta de divulgar os modos de operação e conexão em sistemas isolados, além das aplicações e conceitos físicos da geração solar fotovoltaica (FONSECA et al., 2020).

2.2 Sistema fotovoltaico off-grid

A energia fotovoltaica realiza a obtenção de eletricidade pela transformação direta da radiação solar em energia elétrica, com a utilização de materiais semicondutores, quase sempre de silício. São dispositivos constituídos de células fotovoltaicas, reunidas em série e em paralelo, para aumentar a tensão e a potência fornecidas, formando os conhecidos “painéis fotovoltaicos” (DI LASCIO, 2009).

Já os sistemas fotovoltaicos *off-grid* são geralmente compostos de uma placa ou um conjunto de placas fotovoltaicas, um controlador de carga, uma bateria e conforme a aplicação, um inversor de tensão contínua para tensão alternada (Figura 3). Os módulos fotovoltaicos produzem corrente contínua, sendo necessário converter essa corrente contínua em corrente alternada para alimentar lâmpadas, aparelhos eletrodomésticos, computadores ou qualquer outro equipamento que normalmente é alimentado pelas redes elétricas de corrente alternada.

Figura 3 - Componentes de um sistema fotovoltaico *off-grid*.



Fonte: Parminondi (2018).

A bateria, conjuntamente com o módulo fotovoltaico, fornece tensão e corrente para a alimentação de um inversor ou de aparelhos que podem ser alimentados diretamente em tensão contínua. A conexão dos consumidores deve ser feita ao controlador, pois assim o controlador mantém o rígido controle sobre a bateria, podendo desconectar os consumidores quando o nível da carga da bateria é crítico.

Sem a presença do controlador de carga as baterias danificam-se e têm seu tempo de vida muito reduzido (PARMINONDI, 2018).

O uso de baterias ou banco de baterias se faz necessária para fornecer energia constante e para evitar desperdício de energia quando o consumo é baixo, permitindo o armazenamento para uso posterior em momentos que tiver pouca ou nenhuma radiação solar, períodos noturnos, dias nublados ou chuvosos (PARMINONDI, 2018).

O inversor é outro equipamento necessário para esse tipo de sistema, em que converte corrente contínua em corrente alternada. Este dispositivo geralmente incorpora um seguidor de ponto de máxima potência necessário para otimização da potência final produzida. O inversor é necessário nos sistemas fotovoltaicos para alimentar equipamentos em corrente alternada a partir de energia elétrica de corrente contínua produzida pelo painel fotovoltaico ou armazenada na bateria (PARMINONDI, 2018).

O controlador de carga é necessário para prolongar a vida útil, protegendo de sobrecarga ou descargas excessivas. Nos sistemas autônomos a geração de energia elétrica e o consumo nem sempre coincide devido as condições climáticas intermitentes e aleatórias no que tange a radiação solar ao longo do tempo (PARMINONDI, 2018).

3 METODOLOGIA

Como primeira etapa foi realizada uma revisão bibliográfica e exploratória dos conceitos envolvendo os sistemas fotovoltaicos *off-grid*, através de livros e artigos científicos especializados e atualizados nesse tema. Essa pesquisa norteou os parâmetros a serem considerados no dimensionamento do sistema proposto neste trabalho, como a escolha dos equipamentos elétricos mais adequados e dos cálculos a serem elaborados.

Na segunda etapa, os componentes eletrônicos do protótipo foram selecionados por meio de pesquisa no mercado e literatura disponível, conforme a Tabela 1. Além disso, houve a preocupação de garantir um custo mínimo combinando com um bom desempenho dos componentes.

Tabela 1 - Componentes eletrônicos utilizados.

Material	Qtd.
Painel solar - 30 W (50x30 cm)	1
Inversor onda quadrada - 500 W	1
Controlador de carga - 30 A	1
Filtro de linha - 5 tomadas	1
Pares de bornes macho/pino banana	14
Pares de bornes fêmea/pino banana	14
Cabo elétrico preto (metro) - 2,5'	5
Cabo elétrico vermelho (metro) - 2,5'	5
Disjuntores bipolar - C10	2
Bateria selada - 7 Ah	2

Fonte: Autores (2021).

Dentre eles, o painel solar fotovoltaico (Figura 4) é da marca SINOSOLA, modelo SA30-36P, feito de silício policristalino e com 36 células solares. Suas especificações técnicas nas condições STC apresentam uma corrente de curto-circuito (Isc) de 1,71 A, uma tensão de circuito aberto (Voc) de 22,54 V e sua potência máxima é de 30 W.

Figura 4 - Painel fotovoltaico.

Fonte: Autores (2021).

Já o inversor (Figura 5) é de onda quadrada da marca HAYONIK, com entrada e saída de 12 Vdc e 127 Vac, respectivamente. Sua potência máxima é de 500 W e sua corrente máxima de entrada é 52 A.

Figura 5 - Inversor de onda quadrada.**Fonte:** Autores (2021).

Tem-se também um controlador de carga (Figura 6) da marca Ysmart Tech, modelo RBL series, com tensão nominal de 12 V/24 V, corrente máxima de carga de 30 A e consumo de 10 mA, além de display LCD embutido.

Figura 6 - Controlador de carga.**Fonte:** Autores (2021).

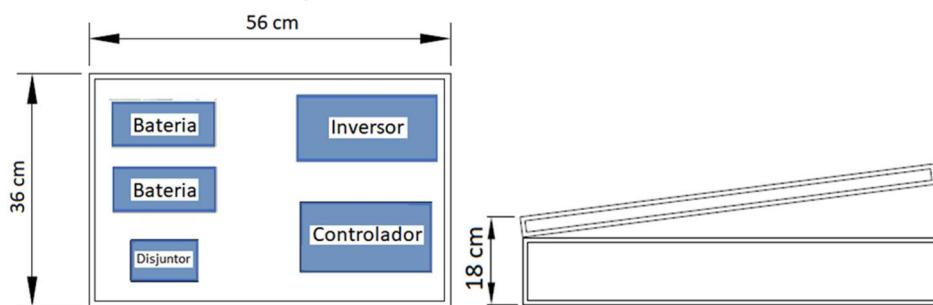
Por fim, as duas baterias (Figura 7) possuem tensão nominal de 12 V, capacidade nominal de 7 Ah e corrente de curto-círcuito de 130 A.

Figura 7 - Baterias seladas.**Fonte:** Autores (2021).

Como terceira etapa, tem-se o dimensionamento do aspecto construtivo da maleta didática. Os desenhos elaborados (Figura 8) partiram do princípio das dimensões da placa solar fotovoltaica que foi escolhida por apresentar proporções reduzidas e se assemelhar a placas utilizadas em sistemas de bancadas didáticas comerciais. Com o auxílio do software SketchUp, foi simulada a estrutura da maleta didática pretendida (Figura 9). SketchUp é um software para desenhos em computador, sendo uma ferramenta importante em projetos com desenhos 3D.

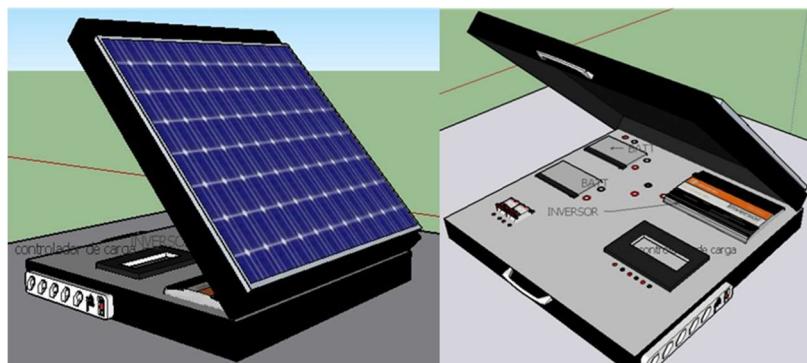
Assim, a parte estrutural da maleta foi confeccionada por meio de materiais leves e de fácil acesso, com MDF plastificado branco e acrílico transparente para fixação dos componentes eletrônicos e bornes de conexões, além de dobradiças para abrir e fechar a maleta.

Figura 8 - Dimensões da maleta didática.



Fonte: Autores (2021).

Figura 9 - Simulação da maleta didática.



Fonte: Autores (2021).

A partir da aquisição dos dispositivos elétricos, a quarta etapa do trabalho foi a elaboração, desenvolvimento e montagem da maleta, com o cuidado de projetá-la da forma mais prática e didática possível para um melhor entendimento do público-alvo. Esse momento exigiu o maior tempo de trabalho, visto que foi confeccionado a estrutura física do protótipo, juntamente com a implementação dos mecanismos eletrônicos.

E na última etapa foram efetuados testes experimentais para apresentar um sistema didático com uma performance satisfatória na geração de energia e um funcionamento correto dos equipamentos utilizados. Assim, foi proposto um teste de carga (3 lâmpadas de 7 W) para analisar o comportamento da maleta, bem como cálculos de autonomia da bateria para avaliar por quanto tempo o sistema é capaz de operar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme os procedimentos metodológicos apresentados, a construção do protótipo da maleta didática foi finalizada (Figura 10), a fim de permitir ao usuário total interação com o sistema e visualizar as tecnologias presentes em um projeto de instalação *off-grid*. O projeto atende às características de ser portátil, favorecendo o transporte para diferentes locais, e de fácil instalação e manuseio. Dessa forma, o custo foi mínimo e as dimensões do protótipo foram projetadas para que qualquer pessoa possa ter uma boa visibilidade do mesmo e que a reprodução possa ser feita sem a necessidade de habilidades especiais ou conhecimentos aprofundados sobre o assunto.

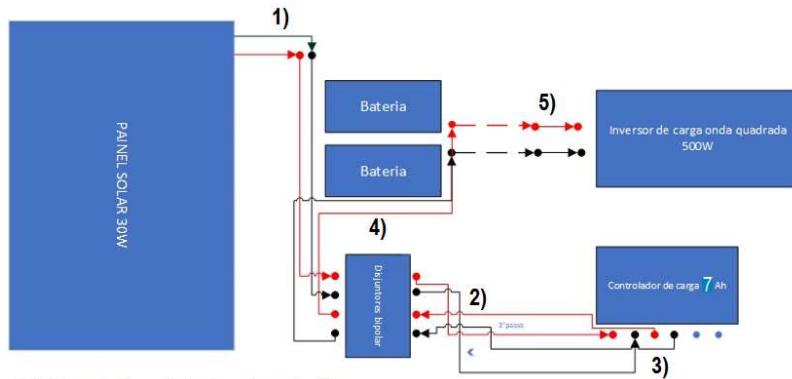
Figura 10 - Configuração final da maleta didática.



Fonte: Autores (2021).

O caráter educativo da maleta didática é familiarizar o uso do painel fotovoltaico na geração de energia de modo isolado, exemplificando seu funcionamento, suas limitações e suas aplicações de uma forma dinâmica para facilitar a compreensão de seu uso. Diante disso, foi elaborado um esquema do funcionamento da maleta didática (Figura 11), indicando os passos a serem executados para o seu acionamento.

Figura 11 – Esquema de funcionamento da maleta didática.



- 1) Ligar painel ao disjuntor de proteção.
- 2) Ligar saída do disjuntor de proteção à entrada do painel solar no controlador de carga.
- 3) Ligar saída da bateria no controlador de carga ao disjuntor de proteção.
- 4) Ligar disjuntor de proteção ao banco de bateria.
- 5) Ligar banco de bateria ao inversor de tensão.

Fonte: Autores (2021).

Então, para a operação do equipamento basta conectar seus componentes da maneira correta, assim, o esquema representa a estrutura e lógica dos circuitos elétricos dos sistemas fotovoltaicos *off-grid*. Isso proporciona aos usuários o contato direto com a tecnologia e serve como instrução das tarefas realizadas em um projeto fotovoltaico de escala maior.

Para avaliar o desempenho da maleta didática foram ligadas 3 lâmpadas de 7 W ao sistema. Como resultado, o protótipo manteve a energização das cargas aplicadas de forma contínua, isto é, não houve qualquer interrupção na alimentação das lâmpadas, constatando a funcionalidade adequada dos dispositivos.

Além disso, a partir de uma carga máxima a pleno sol e da potência das lâmpadas utilizadas, a autonomia da maleta didática foi analisada. Portanto, levando em consideração o valor limite de descarga de 70% (feita com base nas curvas de descarga fornecida pelo fabricante da bateria), o sistema apresenta um tempo de duração média de 2 horas de operação, sendo suficiente para os objetivos didáticos do projeto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O protótipo da maleta didática garantiu, por um baixo custo, a representação do funcionamento de um sistema fotovoltaico *off-grid*, sendo um dispositivo prático e de simples uso. Seu esquema de funcionamento é claro e serve para instruir os usuários sobre o circuito elétrico empregado e a forma correta de sua ligação. Já a sua capacidade de operação foi estimada em 2 horas de duração, valor satisfatório para os seus fins educacionais.

A relevância social desse trabalho está no fato de que o equipamento poderá atender tanto as comunidades ribeirinhas quanto a população em geral, como em demonstrações em escolas, feiras de ciência e auxiliando professores e alunos em atividades laboratoriais. Além disso, os discentes responsáveis pelo projeto têm a oportunidade de aprofundar seus conhecimentos práticos e transformar a realidade social por meio do ensino e aplicação da engenharia junto à comunidade, contribuindo para a sua formação acadêmica e profissional.

Por fim, como perspectivas futuras busca-se ampliar o uso dessa metodologia de equipamentos didáticos para outros tipos de tecnologias, como em sistemas solares fotovoltaicos *on-grid*, para efeito de comparação de suas aplicações com o protótipo *off-grid* e levantar discussões a respeito de suas especificidades.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Atlas de energia elétrica do Brasil. 1ed. Brasília: ANEEL, 2002. Disponível em: <<http://livroaberto.ibict.br/bits-tream/1/531/1/Atlas%20de%20energia%20el%C3%A9trica%20do%20Brasil.pdf>>. Acesso em: 20 de mar. de 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Atlas de energia elétrica do Brasil. 3ed. Brasília: ANEEL, 2008. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/2008_AtlasEnergiaEletricaBrasil3ed/297ceb2e-16b-7-514d-5f19-16cef60679fb>. Acesso em: 20 de mar. de 2021.

ALVES, Marlana de Oliveira Lage. **Energia solar: estudo da geração de energia elétrica através dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid**. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Departamento de Engenharia Elétrica. João Monlevade, 2019.

ARAÚJO, Cinthia de Freitas et al. **Eletrificação rural em comunidades isoladas na Amazônia: introdução da energia solar fotovoltaica na Reserva Extrativista do Rio Unini, AM**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. Infográfico – Energia Solar Fotovoltaica no Brasil. São Paulo: ABSOLAR, 2021. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. Acesso em: 20 de mar. de 2021.

BERMANN, C. Crise Ambiental e as Energias Renováveis. São Paulo: 2008. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S000967252008000300010&script=sci_arttext>. Acesso em: 04 de abr. de 2021.

CEPEL; CRESESB; Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Edição Especial PRC-PRODEEM. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/105527660/Manual-de-Engenharia-FV-2004>>. Acesso em: 02 de abr. de 2021.

DA SILVA, Camila Correa. **Análise de viabilidade da implementação da energia solar fotovoltaica em comunidades isoladas: um estudo de caso.** Monografia (Graduação). Faculdade Vale do Cricaré. Instituto Vale do Cricaré. São Mateus, 2019.

DI LASCIO, Marco Alfredo; FAGUNDES BARRETO, Eduardo José. **Energia e desenvolvimento sustentável para a Amazônia rural brasileira: eletrificação de comunidades isoladas.** Ministério de Minas e Energia, 2009.

FONSECA, Arthur Correa et al. Bancada Didática Demonstrativa da Operação de Sistemas Fotovoltaicos Isolados. In: VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS. Fortaleza, 2020. Disponível em: <<https://anaiscbens.emnuves.com.br>>. Acesso em: 06 de abr. 2021.

FONSECA, C. S.; MONTEIRO, F.; BRITO, A. U. Implantação de Sistemas Fotovoltaicos em Comunidades remotas no Estado do Amapá: A Política Pública, Desafios e Possibilidades. In: **Congresso Brasileiro de energia Solar.** Belo Horizonte. 2016.

HAYONIK. Manual inversores: onda modificada 500 W – Série PW. 2020. Disponível em: <<https://hayonik.com.br/inversor-de-onda-modificada-500w-12vdc-127v-usb-hayonik>>. Acesso em: 03 de abr. de 2021.

JÚNIOR, W. Braga. et al. Difusão de conhecimentos em energia solar na região Norte do Brasil. In: **XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia.** Gramado-RS: COBENGE. 2013.

KÜSEL, Guilherme Thorp. **Desenvolvimento de Bancada Didática para Sistemas Fotovoltaicos.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

NODA, S.N; Zilles. et al. Energização solar fotovoltaica e dinamização social de comunidades ribeirinhas: uma experiência piloto na Região do Alto Solimões. In: **Dinâmicas Socioambientais na Agricultura Familiar na Amazônia.** WEGA. p: 213 - 236. Manaus, 2013.

PAINES, P. A. **Desenvolvimento de Kit Didático de Geração de Energia Solar.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/8319/PAINES%2C%20PATRICIA%20DE%20ANDRADE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 de abr. de 2021.

PARMINONDI, Renato Galbiatti. **Estudo da viabilidade de um sistema fotovoltaico off-grid em uti's móveis para fornecimento de energia elétrica.** Dissertação (Mestrado em Bioengenharia). Universidade Brasil. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://universidadebrasil.edu.br/portal/_biblioteca/uploads/20200316143934.pdf>. Acesso em: 03 de abr. 2021.

RIBEIRO, Tina B. S. et. al. Implementação de Sistemas Fotovoltaicos em Comunidades Isoladas: Reflexões Sobre Entraves Encontrados. **Revista Brasileira de Energia,** Vol. 19, No. 1, p. 269-283, 1º Sem. 2013

RODRIGUES, Pedro Rabelo. **Projeto de bancada didática experimental para o uso de energia Solar e Eólica.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade de Brasília. Brasília, 2014.

SINOSOLA. Manual: Poly SA30-36P. 2020. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/fileuploader/download/download/?d=1&file=custom/upload/File-1534542148.pdf>>. Acesso em: 03 de abr. de 2021.

VALER, L. Roberto et al. Issues in PV systems applied to rural electrification in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 78, p. 1033-1043, 2017.

VILLAÇA, A. L. **A implantação de mini-redes de energia solar em comunidades isoladas do Amazonas.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal de Lavras (UFLA). Programa de Pós-Graduação Lato Sensu em Engenharia. Minas Gerais, 2011.

YSMART TECH. Manual do Usuário. 2020. Disponível em: <https://cdn.awsli.com.br/816/816887/arquivos/RBL_Series_BR.pdf>. Acesso em: 03 de abr. de 2021.

CAPÍTULO 7

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: UMA ALTERNATIVA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SUSTENTÁVEL

SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY: AN ALTERNATIVE FOR ECONOMIC AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Robert Junio Pontes¹
Alexandre Diniz Santana²
Odenilson Cruz Vasconcelos³

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.7

¹ Universidade da Amazônia, roberthjunio.pontes@gmail.com

² Universidade da Amazônia, diniz6485@gmail.com

³ Universidade da Amazonia, odenilson100vasconcelos@gmail.com

RESUMO

O Brasil tem grande potencial em se alto desenvolver economicamente com a conversão da energia solar fotovoltaica, já que é dono de temperatura favorável em relação incidência solar, além de possuir abundância do insumo utilizado na fabricação de células fotovoltaicas. Com a constante degradação do meio ambiente, torna-se necessário optar por outras alternativas limpas e renováveis que supram as demandas existentes, podendo a energia solar superar as expectativas do consumidor já que este desfrutará de expressivo retorno financeiro e também do novo empreendedor, o que movimentará positivamente a economia de um município, visto que, seu fortalecimento e sua expansão podem gerar emprego e renda. O objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade econômica e sustentável da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaico por meio de módulos solares numa residência, e as contribuições que os investimentos nesta modalidade energética podem proporcionar ao consumidor e ao Município de Santarém. Para tal avaliação, um sistema foi projetado e instalado, e seus resultados avaliados, sendo constatado que tal sistema gerou mais kWh que o projetado e reduziu o valor dos custos de energia em aproximadamente 75%. Portanto, o sistema de energia solar fotovoltaico veio para adicionar valor tanta para a humanidade quanto para o planeta, sendo uma considerada e atrativa estratégia de desenvolvimento não só econômico, mas também sustentável.

Palavras-chaves: custo-benefício, energia limpa, sustentabilidade, economia.

ABSTRACT

Brazil has great potential to develop economically with the conversion of photovoltaic solar energy, as it has a favorable temperature in relation to solar incidence, in addition to having an abundance of the input used in the manufacture of photovoltaic cells. With the constant degradation of the environment, it becomes necessary to opt for other clean and renewable alternatives that meet existing demands, and solar energy can exceed consumer expectations as they will enjoy significant financial returns and also the new entrepreneur, which will positively move the economy of a municipality, as its strengthening and expansion can generate employment and income. The objective of this work was to evaluate the economic and sustainable viability of implementing a photovoltaic solar energy system through solar modules in a residence, and the contributions that investments in this energy modality can provide to the consumer and the municipality of Santarém. For such evaluation, a system was designed and installed, and its results evaluated, being found that such system generated more kWh than projected and reduced the value

of energy costs by approximately 75%. Therefore, the photovoltaic solar energy system came to add value for both humanity and the planet, being a considered and attractive development strategy not only economic, but also sustainable.

Keywords: cost-effectiveness, clean energy, sustainability, economy.

1 INTRODUÇÃO

Atreladas ao crescimento da humanidade estão as necessidades pelos serviços básicos de subsistência à vida, dentre os quais pode-se destacar o serviço de energia elétrica. No Brasil, com base nas informações do último Balanço Energético 2020 (ano base 2019), entre os anos de 2018 e 2019 o consumo final de eletricidade evoluiu 1,3%, com destaque para o setor residencial, comercial, energético e público, sendo a fonte hídrica a maior abastecedora do serviço no país, para a é importante mencionar que tal fonte tem sofrido com os problemas climáticos os quais tem gerado impactos negativos na qualidade do fornecimento, bem como onerando as faturas de energia do povo brasileiro.

O Brasil está no ranking dos países que mais utilizam fontes renováveis para geração de energia elétrica, ou seja, além da hídrica, tem como opção a eólica, biomassa e biogás e a solar, sendo que neste último caso, a matriz energética apresentou crescimento de 92% da geração de energia através do sol. Reforça-se que o país tem grande potencial em se alto desenvolver economicamente com a conversão da energia solar fotovoltaica, já que desfruta de temperatura extremamente favorável estando a frente de países com maior capacidade instalada como Alemanha (49,6 GW), a qual tem pico solar de 3,2kWh/m²dia, já o Brasil possui pico solar de 4,9 kWh/m²dia. Ou seja, as oportunidades de crescimento econômico são promissoras, embora os custos com a aquisição dos sistemas fotovoltaicos ainda sejam considerados altos em razão da falta de entendimento do custo-benefício que este proporciona, bem como pela escassez de incentivos governamentais que impulsionem esta modalidade energética.

Este trabalho tem como objetivo projetar e instalar um sistema de energia solar numa residência de modo que o dimensionamento atenda às necessidades do consumidor, além de avaliar a viabilidade econômica que este pode proporcionar em termos de qualidade e retornos financeiros a quem optar por gerar sua própria energia. Com relação ao desenvolvimento econômico e sustentável de forma geral, a pesquisa foi delimitada ao Município de Santarém onde o sistema foi instalado, sendo esta modalidade uma evolução no quesito de emprego e renda além de contribuir com preservação do meio ambiente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Fontes alternativas para geração de energia elétrica.

Conforme a população vai crescendo e as indústrias vão se instalando, cresce também o consumo de alguns serviços básicos e indispensáveis, como por exemplo, o consumo de energia elétrica. Estudos registram que o consumo de energia elétrica no Brasil vem crescendo em taxas consideradas relevantes e a tendência é que este crescimento seja promissor nos próximos anos, mesmo em tempos em que a economia cresce de forma lenta em relação a outros períodos. Levando em consideração esta tendência, a preocupação com a expansão das fontes geradoras de energia precisa ser colocada em prática, é momento de pensar em estratégias que fortaleçam e potencializem a disponibilidade de energia elétrica a população, a qual atualmente já é afetada pelas fragilidades no fornecimento e abastecimento, que se tornam cada vez mais frequentes pelo crescimento da demanda.

A utilização de fontes renováveis como alternativas para geração de energia elétrica ajudam a preservar a integridade do meio ambiente, uma vez que possuem capacidade de se regenerarem naturalmente.

Fontes de energias renováveis são consideradas uma alternativa ao modelo energético atual, visto que seu uso causa menos impactos negativos ao meio ambiente. Algumas fontes de energia renováveis são consideradas limpas e têm bom custo-benefício. Além disso, podem regenerar-se em um curto espaço de tempo... (SOUZA, Rafaela. c2021).

2.2 Energia Solar Fotovoltaica e o seu comportamento atual no Brasil

A energia solar fotovoltaica foi descoberta por acaso por um físico estudioso francês em 1839, no momento em que este conduzia experiências eletroquímicas, observou que a exposição à luz, de elétrodos de platina ou de prata, dava origem ao efeito fotovoltaico. Após esta descoberta outros experimentos foram realizados por este mesmo francês e por outros estudiosos, porém o primeiro dispositivo fotovoltaico foi de fato desenvolvido somente em meados de 1876 e 1877, tendo como principal elemento o selênio, o qual apresentava eficiência de apenas 1%. Após anos de estudos outras células mais eficientes foram sendo descobertas, sendo esta eficiência reconhecida ao longo dos anos, ou seja, após a constatação de que os módulos fotovoltaicos poderiam gerar energia durante longos períodos.

As primeiras utilizações de energia fotovoltaica resumiam-se a situações em que não estava disponível energia da rede, nomeadamente em locais remotos e, especialmente, fora da Terra, quer em satélites quer em sondas espaciais. De facto, embora inicialmente a NASA não estivesse muito convencida das vantagens da utilização de painéis solares aceitou, com alguma relutância, dotar o [Vanguard I](#) de um pequeno painel, seis células solares com uma área de apenas 1 dm², para

alimentar um transmissor back-up de outro alimentado por uma pilha de mercúrio. O transmissor do satélite, lançado em Março de 1958 e ainda em órbita, funcionou durante cerca de oito anos... mas aquele alimentado pelas células solares, a pilha «convencional» falhou ao fim de vinte dias... Depois do fiasco salvo pelas baterias solares, que tiveram aqui a sua prova de fogo, o programa espacial norte-americano passou a usar células solares nos seus satélites, solução igualmente adoptada pelo programa espacial soviético: o [Sputnik-3](#), lançado cerca de dois meses depois do Vanguard I, estava igualmente dotado de um pequeno painel solar. (Instituto Superior Técnico.2004).

Fazendo referência ao desenvolvimento de energia solar fotovoltaica no Brasil, embora o país tenha apresentado crescimento nesta produção ao longo dos anos, este tipo de fonte ainda representa apenas 2% na matriz energética brasileira, ou seja, ainda não é uma fonte explorada, o que se justifica pela escassez de incentivos governamentais, bem como pelos custos da aquisição de um sistema, o qual ainda é muito criticado pela população pela falta de esclarecimentos relacionados ao custo benefício que tal sistema de geração própria pode proporcionar.

O Balanço Energético Nacional de 2020 (ano base 2019), demonstra que a energia solar fotovoltaica deslanchou num crescimento superior a 90% em relação ao ano de 2018, isso graças ao crescimento da tecnologia que oportunizou a instalação em locais de pequenos portes, como em residências e edifícios comerciais, fazendo assim ao final do ano um potencial superior a 4.533 MW em capacidade solar. A associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica afirma que tal crescimento gerou milhares de novos empregos e trouxe para o país investimentos extremamente elevados, o que consequentemente impactou de forma positiva na economia do país.

Assim como as demais fontes renováveis de energia elétrica, a energia solar fotovoltaica apresenta expressivas vantagens, por ser uma fonte limpa e renovável que não agride o meio ambiente. O Brasil possui vantagem quando comparado a outros países em relação a esta fonte, porque seu pico de radiação solar é 40% mais intenso que o pico de radiação da Alemanha que está entre os cinco países com maior capacidade instalada de energia solar fotovoltaica. O clima no Brasil é extremamente promissor para investimentos neste ramo, pois atualmente até região considerada mais fria do país, a região Sul, tem potencial instalado 200.105 kW, já a região Norte considerada uma das mais ensolaradas ainda nem aparece nas estatísticas de potencial instalado. Outra vantagem que deixa o país com vantagem é a abundância de silício, que é o insumo utilizado na fabricação dos módulos.

3 METODOLOGIA DESENVOLVIDA

A metodologia utilizada para concluir este projeto foi pautada na qualidade e confiabilidade das informações, para apresentação de um estudo de viabilidade

econômica e sustentável de um sistema de energia solar fotovoltaica. No primeiro momento foi realizado uma revisão bibliográfica das fontes teóricas, bem como das principais normas que regulamentam a geração de energia solar fotovoltaica. O segundo momento foi realizado o estudo do Consumo de Energia Elétrica do local, por meio das faturas de consumo emitidas pela concessionária num período de 12 meses, considerando o valor da tarifa do Kwh, e o custo total mensal das unidades consumidores. O terceiro momento foi marcado pela definição dos padrões do sistema, sendo definida a potência instalada de cada módulo fotovoltaico, bem como a potência total do sistema; quantidade de módulos, a área necessária para instalação. Após a busca no mercado dos melhores preços e empresas especializadas, no quarto momento foi realizada a Instalação do Sistema. E por fim, após a instalação foi realizado o estudo de viabilidade econômica e sustentável do sistema de energia solar fotovoltaica para o consumidor e para o Município de Santarém.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Dimensionamento do sistema de energia solar fotovoltaica com base na análise da fatura de energia elétrica do consumidor

As informações da fatura de energia do consumidor devem ser analisadas, uma vez que, o dimensionamento eficiente do sistema fotovoltaico está inteiramente atrelado a análise coerente destes dados, isto é, no caso do sistema instalado, três informações de extrema relevância para o cálculo de potência foram confirmadas: o tipo de ligação e de propriedade, a média de consumo nos últimos doze meses. Importante reforçar que a pretensão do consumidor era gerar energia numa residência já construída para ser distribuída para outra residência, a qual estava em fase de construção, por esta razão, a média diária de consumo no cálculo final para aquisição do sistema e definição da potência geral dos módulos foi aumentada.

Esclarece-se que para o cálculo da potência final dos módulos foi considerado o percentual de rendimento de 0,8% já que sistema fotovoltaico sofre com algumas perdas, sendo estas atreladas a diversos fatores como por exemplo a perda de temperatura; a falta de manutenção que acaba acumulando sujeiras; desgastes no caboamento pelo excesso de calor atrelado a eletricidade; desgaste natural do inversor pelo processo de conversão de energia continua em energia alternada. O HSP (hora do sol pico) da região também deve ser considerado para cálculo da referida potência, que no caso do município onde o sistema foi instalado a média é de 4,87h/dia, segundo a CRESEBS – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica

Formula Matemática utilizada:

Média consumo mensal em kW/ mês residência

330 habitual

Média estimada de consumo mensal em kW/

340 mês imóvel em obra

-50 kW - tipo de ligação bifásico

620 kW consumo mensal

$$620\text{ kW} / 30 = \underline{\underline{20,66 \text{ kWh/dia}}}$$

$$\begin{array}{rcl} \text{Potência total módulos=} & & 20,66 \text{ kWh/dia} \\ & & \hline & & 4,87\text{h/dia} \times 0,8\% \end{array}$$

$$\text{Potência total módulos} = 5,31\text{kWhp}$$

Esclarece-se que esta potência foi calculada com base no consumo projetado para atender o consumidor, tanto no imóvel construído quanto para o imóvel em obra. Diante da definição da potência, o módulo fotovoltaico escolhido foi o de 445Wp, já que o sistema contempla uma geração distribuída, pois normalmente para imóveis residenciais utiliza-se módulos com potência entre 260W/265W/275W. Para saber a quantidade de módulos que precisavam ser adquiridos utilizou-se fórmula abaixo:

$$\text{Qdade módulos} = \frac{\text{Potência total módulos}}{\text{Potência módulo}}$$

$$\text{Qdade módulos} = \frac{5,31\text{Wp} \times 1000}{445\text{W}}$$

$$\text{Qdade módulos} = 11,93 \text{ (foram instalados 12 módulos interligados em série)}$$

Figura 01 - Módulo Fotovoltaico instalado

Fonte: Autor (2021).

A escolha do inversor dependente literalmente do resultado do cálculo da potência total dos módulos, considerando que a potência deste equipamento não ultrapasse o limite de 20% para mais ou para menos em relação a eficácia global dos referidos módulos. E para atender o sistema, o inversor escolhido foi de 5.000W, conforme observado abaixo:

Figura 02- Inversor instalado

Fonte: Autor (2021).

4.2 Resultados e discursões após a instalação do sistema fotovoltaico

Para demonstrar a efetividade dos resultados alcançados após a instalação do sistema solar fotovoltaico, abaixo segue as faturas da conta de energia do proprietário do imóvel antes e logo após da instalação do respectivo sistema. Antes da instalação do sistema, o proprietário pagava à concessionária de energia aproximadamente R\$ 350,00 (trezentos e cinquenta reais) já que sua média de consumo em kWh/mês é de 307kWh.

Após a instalação, percebe-se uma redução considerável no consumo, já que o proprietário passou a utilizar energia elétrica da rede somente no período noturno, isto é, o sistema fotovoltaico começou gerar energia exatamente no dia 21 de junho/2021 quando relógio tradicional foi substituído pelo relógio bidirecional e o gerador fotovoltaico inicial formalmente o seu funcionamento, o que automaticamente fez com que a energia gerada durante o dia passasse a ser consumida pelos

equipamentos e utensílios existentes no imóvel e o que foi excedido do processo de geração foi injetado na rede da concessionária.

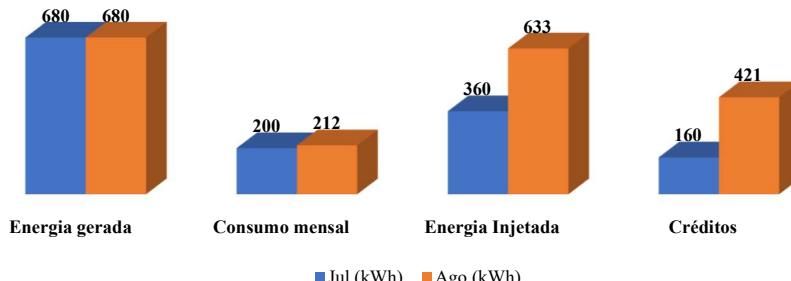
Figura 03 - Fatura de Energia antes e após a instalação do sistema



Fonte: Equatorial Distribuidora de Energia (2021).

Para melhor entendimento abaixo segue gráficos demonstrativos referente a energia gerada, consumo, energia injetada e créditos alcançados nos meses de julho, agosto e setembro/2021. Antes de seguir para os gráficos é importante esclarecer que energia injetada na rede da concessionária significa dizer que o sistema fotovoltaico gerou mais energia que o previsto e deduzindo o valor injetado em kWh do consumo pelo uso da rede elétrica no período noturno, o resultado quando positivo chama-se de crédito, o qual pode ser acumulado durante 60 meses, caso não haja para onde distribuir. Todos os resultados são em kWh.

Gráfico 01 – Dados Comparativos (consumo, energia gerada, energia injetada, créditos acumulados)



Fonte: Autor (2021).

Conforme mencionado anteriormente, o sistema de energia solar fotovoltaico foi idealizado para atender o consumo de duas residências, embora um dos imóveis ainda estivesse em fase de construção, sendo esta finalizada somente no mês de ju-

lho de 2021 e o processo de compensação de consumo com a energia gerada iniciado em setembro seguinte, a saber:

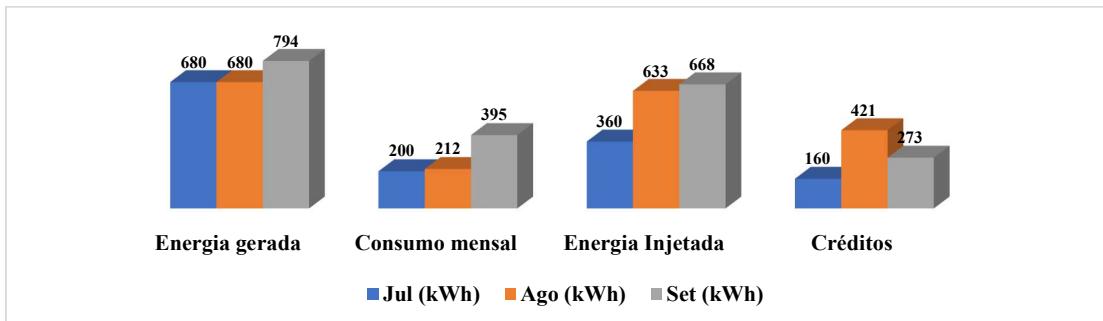
Figura 04 - Fatura de Energia antes e após a instalação do sistema



Fonte: Equatorial Distribuidora de Energia, 2021.

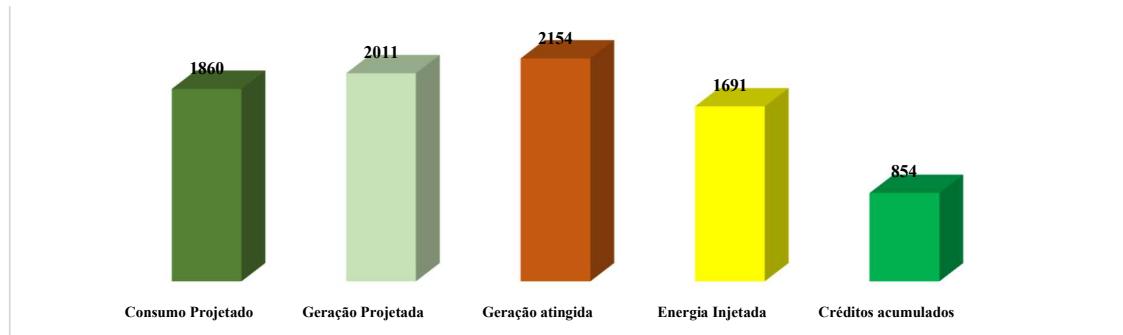
Fazendo uma análise da imagem acima, percebe-se que no mês de setembro/21 houve uma redução no valor da fatura do segundo imóvel de aproximadamente 68%, isto porque o titular do sistema fotovoltaico estava com créditos advindos dos meses de julho e agosto. Ainda no mês de setembro o sistema instalado gerou 794 kWh, com consumo de 207kWh na primeira residência e 188kWh na segunda residência, e ainda injetou na rede da distribuidora 668kWh. Ou seja, os créditos acumulados em julho e agosto perfizeram o valor de 581kWh somando com os excedentes do mês de setembro (273kWh), o proprietário dos imóveis ainda ficou com créditos acumulados de 854kWh.

Gráfico 02 - Dados Comparativos (Consumo, energia gerada e injetada, créditos acumulados)



Fonte: Autor (2021).

Gráfico 03 - Resultados comparativos dos meses de Jul/ Ago/Set (kWh) – Consumo e geração projetados x geração atingida/energia injetada e créditos acumulados.



Fonte: Autor (2021).

Percebe-se no gráfico 03 que mesmo que o consumo projetado para os dois imóveis fosse alcançado, a geração de energia por meio do sistema deixaria o titular das unidades consumidoras numa situação bem confortável, podendo inclusive aumentar este consumo.

4.3 Viabilidade Financeira do investimento em sistema de energia solar fotovoltaico para o consumidor

Com base nas informações anteriormente mencionadas é perceptível que o investimento na aquisição de um sistema fotovoltaico para geração de energia própria é caracterizado pela viabilidade financeira que este proporciona ao consumidor dos serviços de energia elétrica, visto que, o fornecimento atual tende a ficar cada vez mais caro, o que se justifica pelos problemas climáticos em que o mundo sofre, principalmente quando estes impactam nas fontes de energia oriundas das águas dos rios, sendo esta a maior fornecedora deste tipo de serviço no país. O país tem sofrido com as interrupções e a onerosidade no fornecimento de energia, pois com a baixa das águas dos rios, as contingências utilizadas pelos governos é estabelecer embandeiramentos e super faturar os impostos, como por exemplo o ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços), sendo o do Estado do Pará um dos mais caros do Brasil.

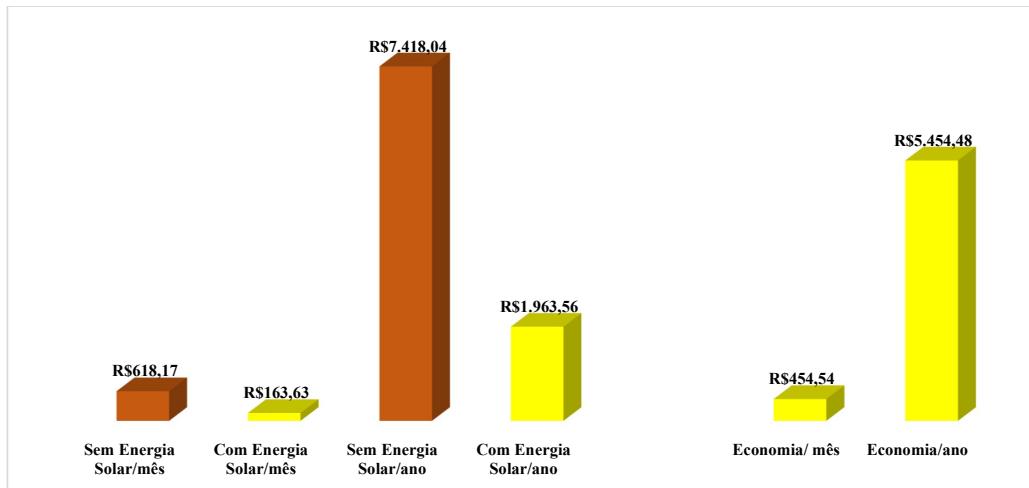
A conta de luz teve seu primeiro aumento em junho, pouco depois do governo anunciar que o país passaria em 2021 pela maior crise hídrica em 91 anos. O Ministério de Minas e Energia ainda anunciou outros **reajustes dentro da bandeira vermelha** nos meses seguintes, até estabelecer nesta terça a nova bandeira. (CRO-QUER, Rafael.c2021)

Analisando financeiramente o projeto orçamentário para aquisição do sistema para estas residências é notório como o retorno financeiro do investimento possibilita ao consumidor, principalmente após quitar o referido investimento, aumentar o seu poder aquisitivo, podendo utilizar os recursos anteriormente pagos pelo uso dos serviços elétricos tradicionais, para outros fins. É importante esclarecer que para

o retorno financeiro é considerado os aumentos das taxas inflacionárias do setor energético, estando atualmente em média 10%/ano, o que impacta negativamente no valor das tarifas do serviço, estando esta hoje em aproximadamente 0,77 (setenta e sete centavos) no Estado do Pará.

O valor total da aquisição do sistema instalado foi de R\$ 29.039,50 (vinte e nove mil, trinta e nove reais e cinquenta centavos), sendo dado como entrada a vista R\$ 3.901,00 (três mil, novecentos e um reais) e R\$ 25.138,50 (vinte cinco mil, cento e trinta e oito reais e cinquenta centavos) financiado em 60 parcelas de R\$ 561,77 (quinhentos e sessenta e um e setenta e sete reais). Diante destas informações, abaixo segue a demonstração gráfica dos custos com os pagamentos das faturas de energias dos dois imóveis antes e depois da instalação, com projeção anual do montante destes custos caso não tivesse optado pelo sistema e a diminuição anual significativa dos valores acumulados das faturas de energia. O gráfico demonstra ainda a economia já alcançada no mês em que o sistema formalmente começou a funcionar e a projeção da economia anual gerada pela atuação deste sistema.

Gráfico 04 - Custos sem e com Energia Solar



Fonte: Próprio (2021)

A estimativa é que o consumidor consiga economizar com a redução dos valores de suas faturas de energia, no período de doze meses, R\$ 5.454,48 (cinco mil, quatrocentos e cinquenta e quatro reais e quarenta e oito centavos). Tal valor poderá ser usado para o pagamento das parcelas do financiamento (R\$ 561,77- quinhentos e sessenta e um reais e setenta e sete centavos), ou seja, do valor mensal economizado de R\$ 454,54 (quatrocentos e cinquenta e quatro reais e cinquenta e quatro centavos) deduzido do valor das parcelas do financiamento, o proprietário das unidades consumidoras só terá que arcar com R\$ 107,23 (cento e sete reais e vinte e três centavos).

4.3.1 Análise financeira do sistema de energia solar fotovoltaico para os próximos 25 anos

Para facilitar o entendimento do quanto é promissor investir nesta estratégia inovadora para suprir as necessidades com os serviços de energia elétrica, abaixo segue algumas tabelas com informações claras da viabilidade financeira do investimento. Todos resultados foram calculados com base no dimensionamento do projeto, respeitando as preferências do consumidor. Outra informação importante em relação aos cálculos, é que para estes foram consideradas as oscilações inflacionárias do ramo energético (10%/ano) com impactos nas tarifas anuais, bem como o rendimento de 0,80% do sistema de um ano para o outro. A saber:

Tabela 01 - Retorno financeiro após instalação do sistema de energia solar fotovoltaico

Ano índice	Geração Anual Projetada (kWh)	Geração Mensal Estimada (kWh)	Tarifa (R\$/kWh)	Retorno Financeiro anual	Ano índice	Geração Anual Projetada (kWh)	Geração Mensal Estimada (kWh)	Tarifa (R\$/kWh)	Retorno Financeiro anual
0	7.489,67	624	R\$ 0,77	R\$ 5.736,86	13	6.747,06	562	R\$ 2,64	R\$ 17.841,49
1	7.429,75	619	R\$ 0,84	R\$ 6.260,06	14	6.693,08	558	R\$ 2,91	R\$ 19.468,63
2	7.370,31	614	R\$ 0,93	R\$ 6.830,98	15	6.639,54	553	R\$ 3,20	R\$ 21.244,17
3	7.311,35	609	R\$ 1,02	R\$ 7.453,97	16	6.586,42	549	R\$ 3,52	R\$ 23.181,64
4	7.252,86	604	R\$ 1,12	R\$ 8.133,77	17	6.533,73	544	R\$ 3,87	R\$ 25.295,81
5	7.194,84	600	R\$ 1,23	R\$ 8.875,57	18	6.481,46	540	R\$ 4,26	R\$ 27.602,78
6	7.137,28	595	R\$ 1,36	R\$ 9.685,02	19	6.429,61	536	R\$ 4,68	R\$ 30.120,16
7	7.080,18	590	R\$ 1,49	R\$ 10.568,30	20	6.378,17	532	R\$ 5,15	R\$ 32.867,12
8	7.023,54	585	R\$ 1,64	R\$ 11.532,12	21	6.327,15	527	R\$ 5,67	R\$ 35.864,60
9	6.967,35	581	R\$ 1,81	R\$ 12.583,85	22	6.276,53	523	R\$ 6,24	R\$ 39.135,45
10	6.911,61	576	R\$ 1,99	R\$ 13.731,50	23	6.226,32	519	R\$ 6,86	R\$ 42.704,60
11	6.856,32	571	R\$ 2,19	R\$ 14.983,81	24	6.176,51	515	R\$ 7,54	R\$ 46.599,26
12	6.801,47	567	R\$ 2,40	R\$ 16.350,34	25	6.127,09	511	R\$ 8,30	R\$ 50.849,11

Fonte: Autor (2021).

Percebe-se que mesmo com a redução da energia gerada ao longo dos anos, os resultados positivos quanto ao retorno financeiro e a economia que o consumidor pode obter ao longo dos 25 anos em que o sistema mante-se funcionando em sua plenitude, são inquestionáveis, pois quanto mais se eleva a tarifa dos serviços de distribuição tradicional de energia elétrica, mais se fortalece a certeza de que o investimento foi um ganho na vida deste consumidor. Com relação ao tempo de 25 anos, esclarece-se que o sistema poderá necessitar de alguns ajustes.

Os resultados apresentados na tabela 02 abaixo foram realizados com base no consumo em kWh projetado. Para o cálculo do custo mensal e anual da fatura de energia com a atuação do sistema de geração própria, foi levado em consideração os valores pagos nas primeiras faturas compensadas, acrescidos 10% ao ano no valor da tarifa de energia, prevendo os possíveis aumentos inflacionários, que acabam superfaturando os valores de impostos e o valor em kWh. Os resultados apresen-

tados nos anos índices de 1º ao 5º, e depois no 25º (isoladamente) de instalação, são projeções com embasamento em várias pesquisas realizadas, onde percebe-se que a diferença entre os valores pagos pelo fornecimento tradicional do serviço energético e os benefícios e retornos financeiros proporcionados pelo sistema de energia solar fotovoltaico são relevantes.

Tabela 02 - Dados comparativos custos com e sem energia solar e estimativa anual de retorno financeiro com a instalação do sistema

Ano índice	Consumo Anual Projetado (kWh)	Tarifa (R\$/kWh)	Custo anual estimado sem energia solar	Custo anual estimado com energia solar (pagando apenas 100kWh)	Custo mensal estimado sem energia solar	Custo mensal estimado com energia solar (pagando apenas 100kWh)	Retorno Financeiro/Econômico anual estimados
0	7.440	R\$ 0,77	R\$ 5.698,82	R\$ 1.963,56	R\$ 474,90	R\$ 163,63	R\$ 3.735,26
1	7.440	R\$ 0,84	R\$ 6.268,70	R\$ 2.159,92	R\$ 522,39	R\$ 179,99	R\$ 4.108,78
2	7.440	R\$ 0,93	R\$ 6.895,57	R\$ 2.375,91	R\$ 574,63	R\$ 197,99	R\$ 4.519,66
3	7.440	R\$ 1,02	R\$ 7.585,13	R\$ 2.613,50	R\$ 632,09	R\$ 217,79	R\$ 4.971,63
4	7.440	R\$ 1,12	R\$ 8.343,64	R\$ 2.874,85	R\$ 695,30	R\$ 239,57	R\$ 5.468,79
5	7.440	R\$ 1,23	R\$ 9.178,00	R\$ 3.162,33	R\$ 764,83	R\$ 263,53	R\$ 6.015,67
25	7.440	R\$ 8,30	R\$ 61.745,00	R\$ 21.274,60	R\$ 5.145,42	R\$ 1.772,88	R\$ 40.470,41

Fonte: Autor (2021).

4.4 Energia Solar Fotovoltaica: uma atividade comercial com tendência de crescimento, o qual agregará valor a economia do município de Santarém

Se para o consumidor as vantagens em investir em energia solar fotovoltaica são proeminentes, imagine para o empreendedor que deseja fornecer este tipo de serviço, embora tal serviço ainda seja considerado oneroso. Os valores dos kits que compõem o sistema de fato, são valores que assustam ainda a população, porém as linhas de créditos têm evoluído bastante, e a competitividade entre as financeiras tem proporcionada quedas nas taxas de juros, o que sem dúvida vem para agregar valor ao crescimento deste novo seguimento comercial.

Nas pesquisas realizadas para o desenvolvimento deste trabalho, foi encontrado como associados na Associação comercial de Santarém, apenas três empresas que trabalham com energia solar, mas para quem mora na cidade é perceptível a existência de número maior de empresas já se instalou, a maioria timidamente. Quanto quantidade visual de propriedades que investiram na geração própria de energia ainda é bem pequena, o que torna a atividade propícia para o crescimento. Santarém, desde a antiguidade apresenta grande potencial de desenvolvimento econômico, primeiro por ser uma cidade cercada pela natureza que a coloca numa posição diferenciada pela diversidade de recursos naturais, que uma vez trabalhados impulsionam a economia local. A beleza da cidade encanta os turistas e a cada

ano o número de pessoas atraídas pelo conforto, a tranquilidade e a qualidade de vida só cresce, sendo também o turismo um meio forte de circulação de renda.

Segundo o historiador de Santarém, Padre Sidney Campos “a economia de Santarém era baseada no sistema extrativista e no sistema de produção agrícola e pecuária, além da vocação muito forte para o comércio, que se tem até hoje”. (CAMPOS, 2016).

Em Santarém o ramo de energia solar fotovoltaica promete ganhos tanto para o consumidor como para quem decidir ser empreendedor. De acordo com as pesquisas de mercado realizadas, os lucros líquidos para o empreendedor fotovoltaico chegam em média a R\$ 3.000,00 (três mil reais), por cada projeto instalado. Para Engenheiro Eletricista que decidir ser dono da sua própria empresa os ganhos financeiros são ainda maiores, visto que algumas funções que normalmente são terceirizadas, podem ser executadas por ele mesmo, ou seja, este profissional pode ser o projetista do sistema, assim como responsável técnico de todo o projeto, podendo assinar a RT (responsabilidade técnica) que é um dos documentos que compõem o processo de homologação junto a concessionária de energia.

Quadro 01 - Lista de custos com materiais/ recursos humanos utilizados na instalação de um sistema fotovoltaico e margem de lucros para o empreendedor

Tipo de material	Valor Total
Matéria- Prima/Insumos	R\$ 20.461,08
Despesas com Pessoal	R\$ 1.877,00
Custos totais	R\$ 22.338,08
Margem de Lucro	30%
Valor total Orçamento	R\$ 29.039,50
Lucro da Empresa	R\$ 6.701,42

Fonte: Autor (2021).

No quadro acima consta lista valores pagos com a materiais/insumos necessários na instalação do sistema fotovoltaico, objeto de estudo deste trabalho, bem como a mão de obra custeada para o sucesso do mesmo. Ou seja, a média de lucros líquidos alcançada com a instalação de cada sistema fotovoltaico estima-se entre 20% a 50%, percentual este calculado sobre o valor total das despesas com a instalação. Tal atividade tem ampliado o mercado de trabalho, uma vez que tem gerado oportunidades de ingresso neste, sendo que algumas empresas terceirizam o processo de instalação, sendo esta paga por quantidade de módulos instalados, o que também possibilita ganhos financeiros para alguns trabalhadores mesmo que seja de forma temporária e informal.

Importante ressaltar que o Município de Santarém é rodeado por pequenas comunidades rurais, as quais sofrem também com a indisponibilidade do serviço de energia elétrica, tendo como suporte o uso de pequenos geradores cujo o funcionamento depende do abastecimento com óleo diesel, o que além de onerar o bolso do ribeirinho ou o pequeno agricultor, oferece o serviço sem qualidade e agride o meio ambiente pela liberação de poluentes. Para as áreas rurais, as quais não contam com distribuição energética tradicional, tem-se a opção do sistema solar off-grid, o caracteriza-se por ser autossustentável, não sendo conectado à rede de distribuição (rede elétrica), capaz de armazenar armazena a energia solar que excede em baterias para ser empregada quando não existir produção.

Ainda no decorrer da pesquisa de mercado e em contato com alguns novos empreendedores do ramo fotovoltaico, foi evidenciado que os custos com investimentos para abertura de uma empresa prestadora de serviços variam muito, ou seja, detectou-se que muitos novos empreendedores são verdade franquiados, cujo investimento inicial para o uso da marca é de no mínimo R\$ 25.000,00 (vinte cinco mil reais), podendo este adaptar seu escritório na sua própria residência, visto que muitas franqueadoras não exigem este espaço. O proprietário da MEI (microempreendedor individual) Universe Solar, é um dos empreendedores independentes, com espaço próprio e segundo suas informações, o custo inicial para abrir sua empresa foi de aproximadamente R\$ 80.000,00 (oitenta mil reais).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme apresentado, o sistema de energia solar fotovoltaico, uma vez dimensionado coerentemente, permite a geração de energia equivalente ao consumo médio do acquirente do sistema, proporcionando a este segurança e qualidade, bem como expressivos retornos financeiros, fazendo-o entender de forma rápida que a referida aquisição foi na verdade um brilhante investimento.

As informações demonstradas em gráficos e tabelas deixam claro que o serviço de energia tradicional está oneroso ao bolso do consumidor, sendo que a tendência para os próximos anos é que se eleve ainda mais estes custos. Os resultados em relação a geração de energia em kWh superaram as expectativas do proprietário das residências, e de toda a equipe envolvida no projeto, já que ultrapassou o limite projetado, pois além de atender o consumo mensal das propriedades de forma integrais, gerou excedente o qual foi injetada na rede da concessionária.

A atividade em Santarém tem tendência de expansão uma vez que, o Município dispõe com exatidão do recurso natural, isto é, o sol predomina na maioria dos

meses do ano na região, além de possuir indiscutíveis viabilidade técnicas e sociais para o sucesso da atividade, sendo o comércio uma disposição fortalecia desde os primórdios econômicos do município. Os dados apresentados no decorrer do trabalho confirmam que a energia solar pode favorecer não só o consumidor individualmente como também pode dar um gás à economia local, sendo esta uma nova opção de empreendimento com grandes probabilidades de geração de emprego e renda para a população

Portanto, o que se pretendeu pôr em evidência no decorrer da execução deste trabalho foi a energia solar fotovoltaica como alternativa de desenvolvimento não só econômico, mas também sustentável para o Município de Santarém.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Os perigos do crescimento da população Mundial. Instituto Brasileiro de Sustentabilidade. São Paulo, 23 de nov de 2012. Disponível em:<<https://www.inbs.com.br/perigos-crescimento-populacao-mundial/>>. Acesso em 27 de fev de 2021.
- Quais as principais fontes de energias usadas no Brasil. Icone Energia. Natal, 23 de nov de 2020. Disponível em:<<https://www.iconenergia.com.br/fontes-de-energia-usadas-no-brasil/>>. Acesso em 27 de fev de 2021.
- EPE. Balanço Energético Nacional 2020: Ano Base 2019. Rio de Janeiro, 2020. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2020>>. Acesso em: 08 de mar 2021.
- FORTES, Ruy. Onde a Energia Solar Cresce Mais Forte: Os 5 Países Com Maior Capacidade Instalada. BlueSol Energia Solar. 06 de jun de 2019. Disponível em:<<https://blog.bluesol.com.br/os-5-paises-com-mais-energia-solar/>>. Acesso em 14 de mar 2021.
- FAQ Solar. CRESESB – Centro de Referência para Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito. Rio de Janeiro, c2021. Disponível em:<<http://www.creesb.cepel.br/index.php>>. Acesso em 15 de mar de 2021.
- SOUSA, Rafaela. Fontes Renováveis de Energia. Mundo Educação. c2021. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/fontes-renovaveis-energia.htm>>. Acesso em 18 de mar de 2021.
- SPR Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição. Geração Distrituída. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. Brasília, 15 de ago de 2018. Disponível em:<<https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>>. Acesso em 22 de mar de 2021.
- CROQUER, Gabriel. Crise hídrica: governo anuncia novo aumento de 6,78% na conta de luz. Brasil, 31 de ago de 2021. Disponível em:<<https://noticias.r7.com/brasil/>>

[crise-hidrica-governo-anuncia-novo-aumento-de-678-na-conta-de-luz-31082021>](#).
Acesso em 18 de set de 2021.

- CAMPOS, Sidney. Santarém 355 anos: lembranças e perspectivas na Economia. [Entrevista concedida a] Weldon Luciano. G1 Santarém e Região, Santarém, 25 de junho de 2016. Disponível em:< <http://g1.globo.com/pa/santarem-regiao/noticia/2016/06/santarem-355-anos-lembrancas-e-perspectivas-na-economia.html>>. Acesso em 18 de set de 2021.

CAPÍTULO 8

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO E VIABILIZAÇÃO PÓS-PANDEMIA DE LAJES PRÉ-MOLDADAS EM OBRAS RESIDENCIAIS

*STUDY OF THE POST-PANDEMIC USE AND FEASIBILITY
OF PRECAST SLABS IN RESIDENTIAL WORKS*

José Victor Batista da Silva¹

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.8

¹ Email: vicktorbatista300@hotmail.com

RESUMO

Neste artigo científico será abordado e estudado a utilização e a viabilização de lajes pré-moldadas em obras residenciais após os efeitos da pandemia na construção civil. Foram realizados estudos nos 5 tipos mais utilizados de lajes, tendo como principais pontos o conceito, vantagens e desvantagens, o processo construtivo e a viabilização dos custos devido as consequências da pandemia de 2020 no mercado. Em vista disso, o objetivo deste estudo é analisar cada tipo de laje para que se possa ter eficiência, minimizar custos e tempo. Assim, processos comparativos entre lajes se tornam interessantes, onde oferecem um esclarecimento indispensável para a execução da obra, mostrando qual apresentaria melhor desempenho na segurança e no comportamento estrutural, custos, método mais viável e o curto prazo de construção.

Palavras-Chave: Lajes Pré-moldadas, análise de utilização, viabilização

ABSTRACT

This work will address and study the use and feasibility of precast slabs in residential works after the effects of the pandemic in civil construction. Studies were carried out in the 5 most used types of slabs, having as main points the concept, advantages and disadvantages, the construction process and the feasibility of costs due to the consequences of the 2020 pandemic in the market. In view of this, the objective of this study is to analyze each type of slab so that it can be efficient, minimize costs and time. Thus, comparative processes between slabs become interesting, offering an indispensable clarification for the execution of the work, showing which would present better performance in safety and structural behavior, costs, the most viable method and the short construction period.

Keywords: Precast slabs, utilization analysis, feasibility

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho será abordado e estudado processos comparativos entre elementos estruturais pré-fabricados (moldados dentro do canteiro de obras), onde são compostas por vigotas de concreto e lajotas (tabelas) de concreto ou cerâmica. A princípio foram analisados os conceitos básicos de cada uma das lajes, após isso o estudo específico das funções e características ideias para se adequar ao projeto residencial, em seguida o método construtivo e por fim as atuais condições de viabilização da construção.

Atualmente, a pré-fabricação de elementos aparece com uma das formas mais viáveis e difundidas na industrialização na área da construção civil. Este método construtivo pode proporcionar uma significante qualidade dentro do canteiro de obras, uma vez que, se for utilizado de forma adequada e inteligente, pode trazer um melhor controle na produção, redução no tempo de obra, menos desperdício, alto desempenho e redução nos custos da edificação.

1 JUSTIFICATIVA

A justificativa desta pesquisa é a necessidade de um amplo conhecimento das particularidades de cada laje pré-moldada para adequação e viabilização ideal ao projeto na atualidade, afim de se obter resultados destinados a escolha mais adequada, levando em conta a qualidade e economia da obra.

1.1 método de pesquisa

A pesquisa tem como base comparativa a nova ABNT NBR 14.859 2016 que mostra os requisitos para o recebimento e utilização de elementos que constituem Lajes Pré-fabricadas em qualquer tipo de edificação. A mesma obteve de outras normas, uma variedade de dispositivos que visam melhorar a qualidade e a segurança dos elementos pré-fabricados. Para a análise de viabilização foi feito um estudo fazendo uma coleta de dados atuais e de dois anos atrás, referentes ao início do pandemia. Com isso, o contexto deste trabalho traz a comparação entre as lajes e o custo em obras residenciais.

Os instrumentos utilizados na coleta dos dados foram: análise de documentos, artigos, normas e monografia; Observação em canteiro de obras; comunicação com empresas especializadas e com profissionais da área; tabelas de custos.

2.1 Pré-Moldado

Segundo a norma NBR 9062-Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado (ABNT) 1985, conceitua como elemento pré-moldado aquele que é executado fora do local que será utilizado na estrutura, tendo controle de qualidade, ou, aquele executado industrialmente, sob condições rigorosas de controle de qualidade, onde devem ser inspecionados individualmente ou em lotes.

Segundo a norma o pré-fabricado deve ser produzido somente por mão de obra qualificada, ter inspeção em etapas, transporte e montagem, registradas em documentos próprios onde tem-se identificação das peças, data de fabricação, con-

creto utilizado e o tipo de aço, todos essas informações conferidas e assinadas por inspetores.

2.1.2 Breve histórico do pré-moldado

Não se pode ter a precisão exata de quando começou a pré-moldagem, porém, tendo como referência que a origem do concreto armado ocorreu com a pré-moldagem de elementos fora do local de utilização, assim pode-se afirmar que a pré-moldagem começou com a invenção do concreto armado (Vasconcelos, 2002).

Acredita-se que, a primeira utilização de elementos pré-moldados em edificações, foi na França, em 1981, onde foram utilizadas vigas pré-moldadas no Cassino de Biarritz. No século XX, houveram grandes avanços tecnológicos no concreto pré-moldado nos EUA e Europa, são elas:

- No ano de 1900, nos EUA, houve a criação de elementos pré-moldados de grandes dimensões para coberturas;
- Execução de elementos pré-moldados de pisos para uma edificação de 4 andares nos EUA no ano de 1905;
- Em 1906, foram feitas as primeiras produções de elementos pré-fabricados na Europa, nas quais foram, treliças e estacas de concreto armado.
- Em 1907, a empresa Edison Portland Corporation, produziu dentro do canteiro de obras, todas as peças pré-moldadas para construção de um edifício industrial nos EUA.

Na Europa, em 1895, tem a primeira construção de estrutura aporticada de concreto pré-moldado. Já em 1906 há o começo da produção de vigas treliçadas, denominadas de “Visitini” e estacas pré-moldadas de concreto armado. No entanto, a utilização de pré-moldados começou a ficar mais intensa apenas após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), onde diversos países se encontravam destruídos e devastados.

2.1.3 Breve Histórico Nacional

Segundo Vasconcelos (2002), no Brasil, a primeira grande obra que houve a utilização de pré-moldados foi o Hipódromo da Gávea no Rio de Janeiro, que foi executada pela Construtora dinamarquesa Christiani-Nielsen no ano de 1926. Na ocasião, as estacas da fundação foram feitas no próprio canteiro de obras, onde

construíram um recorde sul-americano, 8 quilômetros de estacas com medidas de comprimento variadas de até 24 metros.

Tendo a pré-fabricação realizada no canteiro de obras, a empresa necessitou de um bom planejamento, com o principal objetivo de não prolongar demasiadamente o tempo de execução da obra.

A preocupação real em relação a industrialização da construção civil surgiu, segundo Associação Brasileira da Construção Industrializada (ABCI), apenas no inicio da década de 60. Esse fato aconteceu, principalmente, devido o aumento da população urbana no final da década de 50, onde para se resolver um problema de déficit habitacional foi criado o Banco Nacional da Habitação (BNH) em 1966, que seria responsável em dar impulso ao setor da construção civil.

No início, o Banco Nacional da Habitação (BNH) desestimulou o uso de pré-fabricados no setor da habitação, devido ter a intenção de incentivar a mão-de-obra não qualificada no canteiro de obras. Neste período, a industrialização da construção civil ficou na mira de empresários que viram um grande potencial dos pré-fabricados no futuro.

2.2 Definição do pré-moldado

“Elemento moldado previamente e fora do local de utilização definitiva na estrutura, para o qual se dispensa a existência de laboratório e demais instalações congêneres próprias”.

Conforme a norma, o elemento pré-moldado tem uma definição mais ampla, utilizado para definir o elemento que é executado fora do local onde será utilizado. Em comparação com o pré-fabricado que é executado em local que permite condições de produção mais rigorosa e consequentemente o torna um elemento de mais qualidade.

O pré-moldado é muito popular em diversas obras. São produtos de bastante viabilidade do ponto de vista técnico, e também uma opção de economia que tem benefícios como a rapidez, qualidade e durabilidade.

É fabricado por meio da colocação de concreto em um molde, ainda nessa forma, é levado para ser curado em um ambiente controlado que irá garantir o máximo de qualidade na peça.

Quando finalizado, é levado para o local onde será utilizado. O mesmo possibilita um processo mais rápido, seguro e acessível em comparação ao concreto comum, onde é preparado direto no local da construção.

Apesar de ser mais comum em obras de grande porte, esse produto está cada vez mais incluso em projetos menores, como obras residenciais.

2.3 Vantagens e desvantagens do uso de pré-moldados

A industrialização dos processos de execução da construção civil e a utilização são uma grande tendência, afirmam Munte (2004) e Albuquerque e El Debs (2005).

Antes de escolher a laje ideal para o projeto, é importante ter o conhecimento das vantagens e desvantagens da utilização, para que tenha ciência das características do produto escolhido.

Economia, rapidez e praticidade são fundamentais para garantir que o projeto não ultrapasse o orçamento estabelecido. E nesse contexto são muitas as vantagens das lajes pré-moldadas:

- Mais resistência, apresentam um ótimo acabamento e apresentam uma regularidade dimensional, devido ser fabricada com um maior controle de qualidade.
- Tem uma fácil montagem em relação a laje convencional, com isso, possibilita velocidade no andamento da obra e reduz a mão de obra empregada.
- O valor das peças e manutenção é menor do que o valor da laje convencional.
- Vence grandes vãos com uma quantidade mínima de altura.
- Pode ser utilizada em diferentes pavimentos.
- Permite ter um canteiro de obras mais organizado, com poucos resíduos durante a execução da laje.

Em relação as desvantagens, um dos pontos a ser encontrados seria a dificuldade na execução em coberturas com alguma angulação. Outro fator a ser encontrado, seria o desconforto térmico, exceto na utilização de lajes pré-moldadas de isopor. Esse tipo de laje necessita de um bom preenchimento, caso contrário haverá o aparecimento de trincas e fissuras.

2.4 Tipos de lajes pré-moldadas

Laje pré-moldada treliçada com lajota

Esse modelo possibilita vencer vãos amplos, podendo ser utilizado na construção de residências em formato L. A mesma é constituída por vigotas, que são pequenas vigas juntamente com uma base de concreto que tem como função o apoio para uma treliça metálica, onde são revestidas por lajotas de concreto ou cerâmica. Após o processo de montagem, essa laje precisa receber uma cobertura de concreto onde será feita a união de todas as peças.

Os materiais utilizados na montagem desse tipo de laje dificultam a possibilidade de furos e aberturas para colocação de tubulação.

Tem como vantagens a adequação para pequenos e grandes vãos, baixo custo e dispensa o uso de formas de madeira. Dentre as desvantagens, não recebe sobrecargas maiores que as previstas no projeto. Como exemplo temos a figura (1).

Laje pré-moldada treliçada com eps (isopor)

Comparando com a laje anterior, a diferença é somente o tipo de revestimento. Nesta é utilizado placas de isopor no sistema ao invés de lajotas de cerâmica ou concreto.

Também conhecida como laje pré-moldada isopor, tem uma estrutura leve, fácil montagem e instalação de materiais elétricos, tubulações e até posterior colocação de caixa da água. Além disso, após ser instalada auxilia também na melhora do isolamento térmico e acústico do imóvel. Dentre as desvantagens, em algumas regiões pode ter o custo elevado, necessita de um acabamento, o que gera gastos, necessita de reforço na face inferior para instalação de estruturas e dispõe de limites de vãos e cargas.

Esse tipo de laje é indicada para quem precisa de uma residência com ambiente de melhor isolamento térmico e acústico, por isso é mais ideal para obras em áreas mais urbanizadas ou que sofrem grandes variações de temperatura, como por exemplo em casas de campo. Como exemplo temos a figura (2).

Laje pré-moldada alveolar

Muito utilizada em construções de grande porte, como estacionamentos, hospitais e supermercados, onde apresenta uma alta resistência a compressão e utiliza

um modelo de aço específico para proteção. Assim residências de grande porte que possuem vãos amplos, podem receber esse tipo de laje, suportando grande peso.

Isso resulta do modo que é constituída, por painéis de concreto protendido vazados com alvéolos longitudinais, que tem a função de reduzir o peso das peças.

Sua altura varia entre de 9cm a 30cm, com largura de até 1,24m e vãos livres que podem ir até 24m. Cada painel pode possuir uma resistência a compressão de até 40Mpa.

Como vantagens associadas a este modelo, está o fato de dispensarem serviços de carpintaria, que são necessários nos outros tipos de laje e facilidade de estocagem.

Como desvantagem, vale ressaltar que por conta do peso dos painéis e tamanho deve ser transportada até o local da obra por guindastes. Como exemplos temos a figura (3).

Laje pré-moldada de painel treliçado

Semelhantes as lajes treliçadas, uma vez que a estrutura é feita por vigotas de concreto armado que seguram uma treliça metálica, porém com uma diferença, de ter uma maior base, criando assim nervuras mais resistentes e robustas suportando uma grande carga.

Os painéis formados nessa estrutura são dispostos lado a lado, assim formando sua própria forma de concretagem. Seu uso é indicado para projetos com grandes carregamentos, possibilita vencer vãos médios, quase não precisa do uso de madeira para escoramento, além disso, por ter os painéis bem acabados, não há necessidade de reboco. Nesta é feito apenas o acabamento em verniz, tornando a impermeável evitando a corrosão do concreto.

Como desvantagens, tem maior custo em relação aos outros modelos de pré-moldados, não se indica a construções menores. Como exemplo temos a figura (4).

Laje pré-moldada com vigota t

É considerada a mais tradicional do mercado. Esse sistema é feito por vigotas de concreto e tavelas feitas com material de concreto ou cerâmico. Nessa as vigotas se tratam de trilhos maciços com seção transversal T.

Essas vigotas servem como encaixe para as tavelas. Após a colocação das vigotas T, as tavelas são encaixadas sobre elas e ao fim, é lançada uma camada de concreto para unir todas as peças.

Esse modelo é indicado para pequenas construções, onde não resistem à grandes cargas ou grandes vãos.

Como desvantagem, esse tipo de laje não suporta grandes cargas que não foram previstas, ou seja, fará com que o projeto da casa não seja mudado drasticamente depois de sua instalação. Como exemplo temos a figura (5).

2.5 Viabilização pós-pandemia

A pandemia do Covid-19 levou o mundo a uma grande reviravolta. Um dos principais efeitos vindo logo no início, foi a instabilidade dos mercados financeiros internacionais.

Em maio de 2020, momento em que as primeiras medidas de isolamento social foram impostas, o dólar chegou a R\$ 6,00.

Em 2020, o Índice Nacional da Construção Civil, terminou o ano registrando uma grande alta de preços dos materiais de construção onde foi acumulada em 17,28%, pesquisa feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Não só o aumento dos materiais, mas também a escassez de alguns materiais, mesmo que momentaneamente, impactou na população que fez pequenas reformas até empresas de construção.

Os motivos para esse fato são diversos, no caso do cimento e aço, foi devido a interrupção da produção durante o início da pandemia, e quando as atividades recomeçaram não tiveram o mesmo alcance de produção anterior à crise. Nesse contexto, a discussão sobre o aumento no valor dos materiais seria mantida por um longo período, onde a possibilidade dos preços diminuírem até alcançar o valor anterior a pandemia é baixa.

No contexto das indústrias de lajes Pré-moldadas, onde os materiais de maior relevância são o aço e o concreto, dentre outros como isopor e a cerâmica, indústrias cimenteiras estimavam fechar o ano com uma retração de 2,8%. No mercado do aço, dados obtidos pela ABIMAQ (Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos), o reajuste no valor do aço no Brasil em 2020, foi de 108% nas distribuidoras e de 85% para quem adquire na usina produtora.

O preço do concreto usinado varia dependendo da região, no ano de 2019, o valor do m³ variava entre R\$230,00 a R\$300,00. No preço do aço, como por exemplo a Malha Pop, utilizada na composição de lajes Pré-moldadas, tinha o preço em 2019 variado em R\$27,00 a R\$29,00 na medida de 2x3m.

Atualmente, levando em conta todas as variáveis que influenciaram na alta dos preços, o preço do m³ do concreto usinado varia entre R\$320,00 a R\$560,00. A malha pop, pode variar entre R\$ 32,90 a R\$37,00.

Nas lajes Pré-moldadas, o custo médio varia de R\$32,00 o m² para materiais, e R\$260,00 para a mão de obra. Como exemplo, temos a análise dos valores de uma laje com dimensão de 100m²:

-Laje Treliçada com Lajota: R\$23.000,00 100m²

-Laje Treliçada com EPS: R\$21.000,00 100m²

-Laje Alveolar: R\$ 30.000,00 100m²

-Laje com Painel Treliçado: R\$ 28.000,00 100m²

-Laje com Vigota T: R\$ 26.000,00 100m²

3 CONCLUSÃO

Diante deste artigo, pode-se concluir que o desenvolvimento dos elementos pré-moldados foi um grande avanço na engenharia civil, onde as suas vantagens são superiores as desvantagens.

Obtém-se economia no tempo de construção, assim, trazendo rapidamente o retorno do investimento, além de garantir uma boa qualidade no material, viabilizando seu uso, não apenas por si só, mas alienando junto a outros métodos.

Quando respeitadas todas as questões, e tendo em vista o crescimento desse seguimento no Brasil, as lajes pré-moldadas apresentam-se como uma ótima solução para obras residenciais de pequeno e médio porte.

Diante dos atuais momentos em que o mundo se encontra, ficou evidente o grande aumento no valor de produtos, especificamente na área da construção civil, o preço das lajes pré-moldadas teve grande elevação, fazendo que, estudos sejam necessários para que possa levar um conhecimento básico a pessoas ou profissionais que necessitem de informações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14859 01/2016 LAJE PRÉ-FABRICADA.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062 03/2017 PROJETO E EXECUÇÃO DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO.

GIZELA ARIELA DA SILVA TELES, JORGE LUIZ DE OLIVEIRA REGAL. LAJES PRÉ-MOLDADAS E SUAS CARACTERÍSTICAS, 2019.

BRUNELA FRANCINE DA CUNHA. SISTEMA PRÉ-MOLDADO DE CONCRETO: ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA, 2016.

PEREIRA, CAIO. LAJE PRÉ-MOLDADA: O QUE É, PRINCIPAIS TIPOS E VANTAGENS. ESCOLA DA ENGENHARIA, 2017.

NATHÁLIA BALDINI INSON. LAJE PRÉ-MOLDADA: O QUE É, TIPOS, PREÇO E VANTAGENS, 2017.

PEDUZZI, PEDRO. AUMENTO NO PREÇO DE INSUMOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL PREOcupa o SETOR. AGÊNCIA BRASIL, 2021.

PINHO, RAQUEL. ESCASSEZ DE INSUMOS AFETA CONSTRUÇÃO CIVIL DURANTE A PANDEMIA. PORTAL NACIONAL DE SEGUROS, 2021.

FIGURAS

Figura 1 - exemplo de Laje Pré-moldada treliçada com lajota (Pinterest).

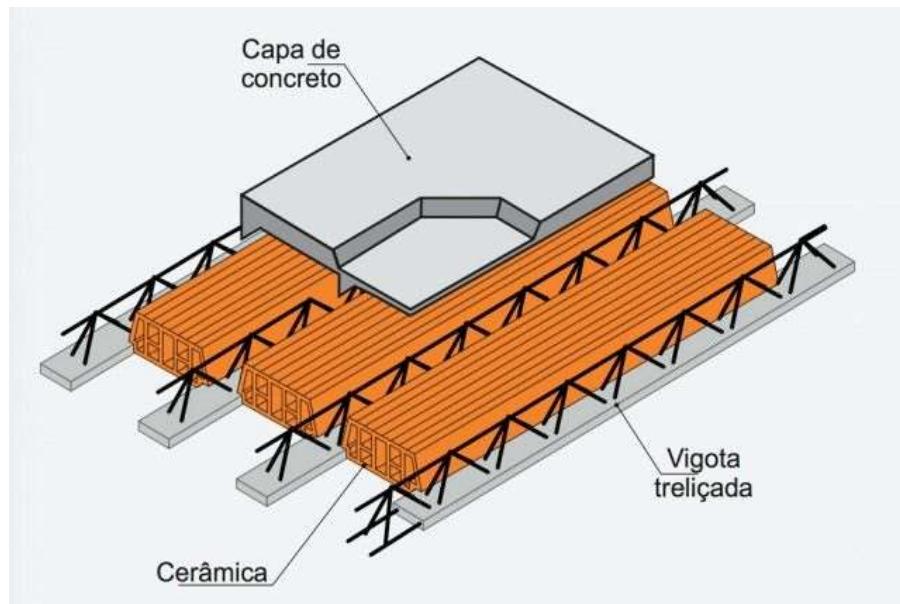


Figura 2 - exemplo de Laje Pré-moldada treliçada com EPs (isopor).

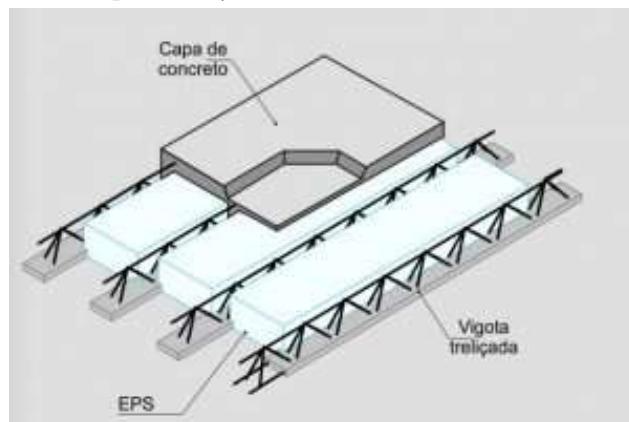


Figura 3 - exemplo de Laje Pré-moldada alveolar (Pinterest).

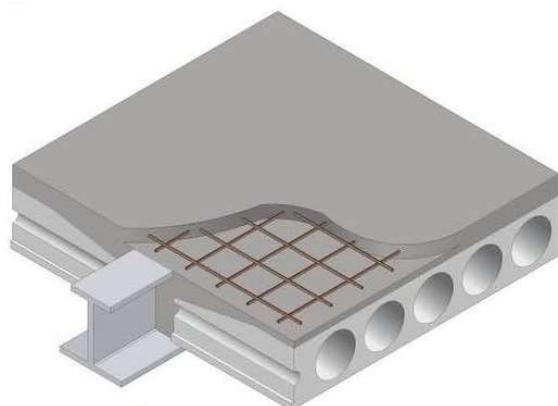


Figura 4 - exemplo de Laje Pré-moldada com painéis treliçados.

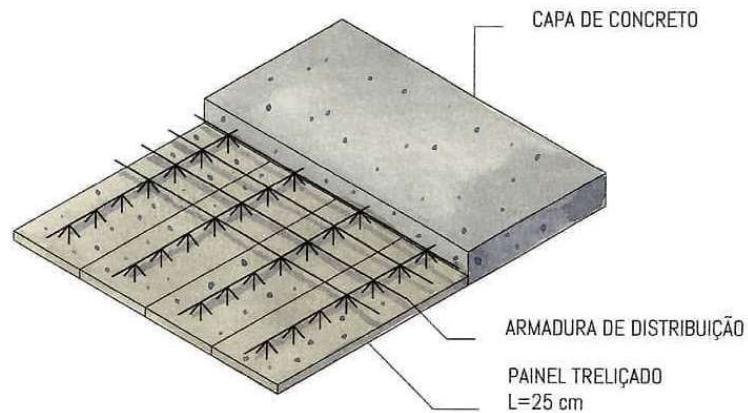
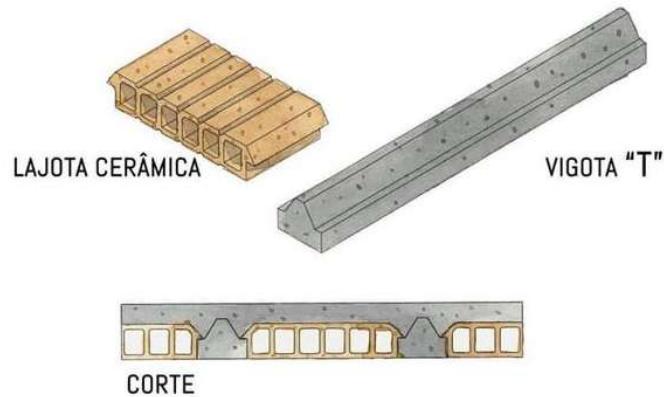


Figura 5 - exemplo de Laje Pré-moldada com vigota T (Pinterest).



CAPÍTULO 9

A IMPORTÂNCIA DA ANÁLISE DO SOLO NA QUALIDADE DA CONSTRUÇÃO CIVIL

*THE IMPORTANCE OF SOIL ANALYSIS IN THE QUALITY
OF CIVIL CONSTRUCTION*

Genesse Braga de Araújo¹
Joanyr da Rocha Estumano Júnior²
Marlyson José Silveira Borges³

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.9

¹ Genesse Braga de Araújo, E-mail: genesse09@gmail.com
² Joanyr da Rocha Estumano Júnior, E-mail: junioresumano@outlook.com
³ Marlyson Silveira Borges, E-mail: Silveira-Borges@hotmail.com

RESUMO

O presente trabalho corrobora um estudo sobre a importância da análise do solo na qualidade da construção civil, baseando-se na premissa de que é bem visível que em qualquer tipo de construção o solo é elemento essencial, um dos principais materiais utilizados nas obras viárias, tem grande disponibilidade na superfície terrestre e possui baixo-custo. Tem como objetivo geral, analisar a importância do solo no âmbito da construção civil, avaliando o custo-benefício e o nível de instabilidade. A metodologia adotada nesta pesquisa foram os procedimentos metodológicos: bibliográficas e estudo de campo. Dessa forma, torna-se imprescindível fazer uma pesquisa voltada para a importância do trabalho do engenheiro civil focado na parte de amostra da análise de solo e a sua importância na obra. Pois, no âmbito da engenharia e construção civil, o solo é a matéria mais requisitada e por esse motivo requer maior atenção quanto as suas propriedades de sustentabilidade e resistência. O conhecimento do solo é de extrema importância para realizar um projeto de forma segura e adequada, evitando problemas futuros.

Palavras Chave: solo . análise . qualidade . construção . engenheiro civil

ABSTRACT

The present work corroborates a study on the importance of soil analysis in the quality of civil construction, based on the premise that it is quite visible that in any type of construction the soil is an essential element, one of the main materials used in road works, has great availability on the land surface and has low-cost. In the general objective, to smooth the importance of soil in the field of civil construction, assessing the cost-benefit and the level of instability. The methodology adopted in this research were methodological procedures: bibliographic and field study. Thus, it is essential to do a research focused on the importance of the work of the civil engineer focused on the sample part of soil analysis and its importance in the work. For, in the field of engineering and civil construction, soil is the most requested matter and for this reason requires greater attention to its sustainability and resistance properties. Soil knowledge is extremely important to carry out a project safely and adequately, avoiding future problems.

Keywords: solo. analysis . quality . construction . civil engineer

1 INTRODUÇÃO

O solo é um dos principais materiais utilizados nas obras viárias, tem grande disponibilidade na superfície terrestre, possui baixo custo e percebe-se que é pouco

prejudicial à natureza e a saúde humana. Assim, torna-se também o espaço que mais sofre com as intervenções humanas.

Assim, este artigo apresenta a pesquisa cujo tema é “A importância da análise do solo na qualidade da construção civil”. Pois é bem visível que em qualquer tipo de construção o solo é elemento essencial, ele determina as características fundamentais em função do seu perfil, onde será definido os métodos e procedimentos que devem ser adotados conforme o material que foi coletado. O conhecimento do solo é de extrema importância para realizar um projeto de forma segura e adequada, evitando problemas futuros.

Tem como objetivo geral analisar a importância do solo no âmbito da construção civil, avaliando o custo-benefício e o nível de instabilidade, e tem como objetivos específicos: comentar cada Tipo de solo: arenoso, argiloso e siltoso, explorar e elucidar os ensaios de caracterização do solo, imergir no âmbito da compreensão do Estudo Geotécnico e elucidar o método de Sondagem a percussão – SPT.

O interesse por esse tema surgiu da curiosidade de buscar respostas para os questionamentos: Que estudo foram feitos no terreno de certa construção? Qual o perfil do indivíduo frente à construção civil dos locais observados? Que importância tem o estudo do solo na construção civil? Quais desafios são enfrentados em relação a realização dos estudos desses ambientes?

O tema da pesquisa “A importância da análise do solo na qualidade da construção civil” foi escolhido *a priori* por ser essencial na construção de qualquer obra, pois no futuro esses locais abrigarão vidas que buscam sossego e segurança. Dessa forma, as inquietações em compreender melhor as etapas primordiais começaram a crescer no âmbito da curiosidade, no período do estágio e das observações de mundo que nos cercam.

A relevância desta pesquisa é demonstrar a importância da análise do solo na qualidade da construção civil mediante as produções e desafios que os trabalhadores enfrentam nos locais de trabalho. Pois, acredita-se ser indispensável saber realizar a etapa de estudo do solo, uma vez que não somente facilita o trabalho do engenheiro e dos demais trabalhadores que fazem parte da sua equipe, como também vidas são protegidas.

A metodologia adotada nesta pesquisa foram os procedimentos metodológicos: bibliográficas e estudo de campo. Foi realizado em duas etapas: a primeira etapa visou reunir acervos bibliográficos possível sobre “A importância da análise do

solo na qualidade da construção civil". Segundo Rodrigues (2006, p. 61), a pesquisa bibliográfica é uma atividade bastante solicitada por professores e que exige organização, comprometimento, disciplina e a incorporação de atitudes investigativa e que tem de pôr fim a aprendizagem e a aquisição e produção de conhecimento. A segunda etapa consistiu no estudo de campo no trecho da PA - 439 e PA - 254, trabalho de obra de pavimentação do Governo do Pará em Oriximiná-Pará, no período de dois (02) de agosto a cinco (05) de novembro de dois mil e vinte e um (2021).

Optou-se pela técnica da coleta de dados por meio da observação e realização de entrevista. Segundo Rodrigues (2006, p.92), a observação consiste em uma técnica de coleta de dados a partir da observação e do registro, de forma direta, do fenômeno ou fato estudado.

Dessa forma, torna-se imprescindível fazer uma pesquisa voltada para a importância do trabalho do engenheiro civil focado na parte de amostra da análise de solo e a sua importância na obra. Pois, no âmbito da engenharia e construção civil, o solo é a matéria mais requisitada e por esse motivo requer maior atenção quanto as suas propriedades de sustentabilidade e resistência.

Este artigo está dividido em cinco sessões; na primeira sessão, trata-se da introdução. Na segunda sessão, será abordado a fundamentação teórica da importância da análise do solo na qualidade da construção civil, um tema bem abordado na área da Engenharia Civil. Na terceira sessão, aborda-se a metodologia utilizada no estudo. Na quarta sessão resultados e discussões, trata-se da discussão e análise dos resultados da pesquisa, apresentando assim, o estudo sobre a importância da análise do solo na qualidade da construção civil.

E por último serão feitas as considerações finais ressaltando que em meio as perspectivas de se tornar um profissional de sucesso, muitas situações do campo observatório servem de lição para aprimorar conhecimentos e esses profissionais ser mais cuidadosos, pois são variados casos catastróficos que se originam de um trabalho desqualificado ou da falta de conhecimento do assunto. Entretanto, se faz necessário a análise do solo disponível para que este atenda às exigências de um determinado projeto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Essa sessão trata da fundamentação teórica usada no estudo sobre a importância da análise do solo na qualidade da construção civil.

O solo corresponde a camada da Terra constituída como superfície terrestre, sendo o substrato mais usado e ocupado pelos vegetais e pelo homem. Segundo Fidalgo (2011), os solos são formados pela decomposição da rocha; como existem diferentes tipos de rochas na crosta terrestre, é fácil entender porque existem diferentes tipos de solos. No entanto, existem outros fatores de formação dos solos, além da rocha, que são responsáveis pelos diferentes tipos de solos que se vê nos locais por onde passamos.

Estudos apontam que os solos variam muito na superfície da terra, tanto com relação a superfície do solo em contato com a atmosfera até a rocha que lhes deu origem, quanto em relação às suas características, como: cor, quantidade e organização das partículas de que são compostos - argila, silte e areia, fertilidade - capacidade em suprir nutrientes, água e favorecer o crescimento das plantas, porosidade - quantidade e arranjoamento dos poros, entre outras características.

Os solos são misturas complexas de materiais inorgânicos e resíduos orgânicos parcialmente decompostos. Os solos diferem grandemente de área para área, não só em quantidade - espessura de camada, mas também qualitativamente. (SILVA, 2017).

O solo argiloso é o mais comum no Brasil, é considerado bom para construir, pois ele é bastante denso e se aglutina com facilidade, isso faz com que seja um solo muito resistente quando é bem compactado e permite o uso de fundações rasas como sapatas e radiers. Mas, isso também vai depender do tamanho da obra.

O solo arenoso é o tipo de solo composto predominantemente por areia e tem uma granulometria entre 0,05 milímetros até 4,8 milímetros. Ele se movimenta facilmente e é altamente permeável, isso é um desafio para qualquer construção. Esse tipo de solo é resistente quando está confinado, ou seja, quando ele não tem para onde escapar, mas ele se movimenta com muita facilidade então escavações próximas ou mesmo rebaixamento do lençol freático podem dar espaço para a movimentação do solo arenoso e acabar gerando problemas como recalque.

O silte é considerado um tipo “ruim” de solo. Uma forte característica é a grande possibilidade de erosão e desagregação natural, demandando muito mais cuidados e manutenção.

No âmbito da engenharia de fundações, técnicas de melhoria de solo tem se difundido nos projetos, visando atender critérios técnicos e econômicos para viabilização de obras em terrenos de baixa capacidade de suporte, uma vez que o cresci-

mento dos grandes centros urbanos acarreta uma supervalorização das áreas mais nobres (SOARES, 2002)

Dessa forma, Bazzo (2006) afirma que:

[...] o engenheiro tem como missão uma constante busca pela redução de custo, consumo e pelo aumento do rendimento da produtividade e utilidades de sistemas. Existem diversas possibilidades para resolução de um mesmo problema e, quase sempre, as melhores alternativas apresentam dois vieses: um técnico e outro econômico (BAZZO, 2006)

Sabe-se que a falta de uma análise de solo adequada gera resultados impresu-míveis, como: má execução de projetos, desvio de cronogramas, aumento dos cus-tos durante e após a execução da obra, além de gerar impactos ambientais e gerar um risco de ruir a estrutura.

De acordo com Chiosse (1975), a investigação do solo destina-se a observar e compreender as condições geológicas do subsolo, determinando, assim, qual tipo de material é encontrado no local e quais suas características de resistência.

A investigação geotécnica de um solo normalmente envolve a realização de ensaios de campo e a obtenção de amostras destinadas à análise através de ensaios de laboratório. Em todos os casos, será tarefa do engenheiro geotécnico avaliar a aplicabilidade de cada ensaio e a análise dos resultados para obtenção de parâme-tros geotécnicos.

A primeira etapa do processo construtivo, a sondagem do solo é procedimento técnico fundamental em qualquer tipo de obra, dependendo dos resultados obtidos com o estudo, o projeto pode até ser financeiramente inviabilizado. “Do ponto de vista técnico, sempre há alternativas para contornar possíveis problemas localiza-dos pela sondagem, entretanto, o custo das ações é elevado, e o investimento pode não compensar para determinados empreendimentos”, assegura o engenheiro Artur Quaresma, tesoureiro da Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Enge-nharia Geotécnica (ABMS) (VOTORANTIM, 2019).

Diversos equipamentos e métodos devem ser utilizados para a realização do estudo do solo, de modo a compreender suas características. Na execução de ater-ros deverá ser prevista a utilização de equipamentos apropriados, de acordo com as condições locais e de produtividade, respeitando o prazo pré-estabelecido (RO-CHA, 2009).

Deste modo, segundo Nascimento (2018) aborda que no âmbito da construção civil estudos voltados para as propriedades do solo são de grande importância para

evitar futuros danos como erosão, deslizamento de terra, e sedimento das bases e fundações dos edifícios, moradias e construções. Esses aspectos promovem a segurança das construções, pois preserva a resistência do solo, sendo um mecanismo na prevenção da erosão e no planejamento adequado para o uso da terra.

Segundo Britto (1987), fundações bem projetadas correspondem de 3% a 10% do custo total do edifício; porém, se forem mal concebidas e mal projetadas, podem atingir 5 a 10 vezes o custo da fundação mais apropriada. Toda essa economia depende principalmente de um estudo completo do subsolo.

Para se definir um tipo de fundação a ser utilizada para construir uma edificação, o tipo de solo influencia diretamente nesta escolha, pois essa fundação é responsável pela sustentação de toda a obra. Com isso, a primeira fase a ser realizada em uma obra é o estudo Geotécnico.

Conhecida como subestrutura, a fundação é um elemento estrutural responsável por suportar e transferir tensões compatíveis ao maciço geotécnico que caracteriza a resistência e capacidade de carga do solo, possibilitando a aplicação de uma superestrutura no determinado local da construção, além de enfatizar o dimensionamento estrutural, a fundação transfere as forças prolongadas por cargas superiores até o terreno seja o meio de transferência bloco, sapatas, tubulões entre outros. (BASTOS, 2016).

Com relação à qualidade de um solo, as suas características são essenciais. Para se obter este resultado, toda obra deve realizar uma completa análise do terreno.

A terraplanagem que foi observada *in loco* é definida como sendo o conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga, compactação e acabamento executados a fim de passar de um terreno em seu estado natural para uma nova conformação topográfica desejada (SHIMIZU, 2002). Trata-se do movimento de terra necessário para amoldar os terrenos para a construção de uma obra, constituindo-se em um conjunto de operações de escavação, transporte, disposição e compactação de terras, gerando os cortes e aterros do empreendimento (HABITARE, 2019).

Para adquirir as informações realiza-se vários ensaios de controle tecnológico dos quais obtém-se as conclusões importante através da coleta de amostragem de solo.

A definição da caracterização do solo é obtida através dos seguintes ensaios: Ensaio de Adensamento, teor de umidade, ensaio de compactação, limite de liquidez, limite de plasticidade, porosidade, densidade real, densidade aparente, grau

de saturação e análise granulométrica. Sendo assim, garantir segurança e economia para o empreendimento, é primordial o conhecimento do estudo do solo para se aplicar as técnicas de engenharia.

3 METODOLOGIA

Essa sessão trata da metodologia utilizada no estudo sobre a importância da análise do solo na qualidade da construção civil.

A metodologia adotada nesta pesquisa foram os procedimentos metodológicos: embasamento em pesquisas bibliográficas disponíveis em plataformas digitais, tendo como fonte de pesquisa: artigos científicos e arquivos virtuais que possibilitaram maior entendimento e esclarecimento do assunto abordado e estudo de campo.

Segundo Rodrigues (2006, p. 61), a pesquisa bibliográfica é uma atividade bastante solicitada por professores e que exige organização, comprometimento, disciplina e a incorporação de atitudes investigativa e que tem de pôr fim a aprendizagem e a aquisição e produção de conhecimento. Os dados obtidos com a pesquisa bibliográfica foram analisados de forma qualitativa. Para Oliveira e Mota Neto (2008, p.312), a análise dos dados qualitativos exige o trabalho com todo o material obtido no desenvolvimento da pesquisa, envolvendo os relatos das observações, as transcrições das entrevistas, os documentos pesquisados, as leituras bibliográficas realizadas, entre outros.

No estudo de campo buscou-se informações diretamente com o ser entrevistado, numa abordagem qualitativa por meio da técnica entrevista com cinco (5) perguntas abertas. Adotou-se um nome fictício para a empresa aonde o entrevistado trabalha garantindo assim, o seu anonimato e a ética na pesquisa. Assim como, buscou-se conhecimentos sobre a importância da análise do solo na qualidade da construção civil por meio de observações *in loco*. Segundo Rodrigues (2006, p.92), a observação consiste em uma técnica de coleta de dados a partir da observação e do registro, de forma direta, do fenômeno ou fato estudado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Essa sessão trata da discussão e análise dos resultados da pesquisa, apresentando assim, o estudo sobre a importância da análise do solo na qualidade da construção civil.

Para que os dados fossem coletados foi utilizada a técnica de entrevista como instrumento de pesquisa de estudo de campo, com cinco perguntas abertas para

um profissional – laboratorista, com 8 (oito) anos de serviço militar trabalhando em laboratório de análise de solo e asfalto. Foi dada a oportunidades ao entrevistado para pensar, fazer sua interpretação sobre as perguntas, para que se sentisse mais à vontade para expor seus conhecimentos, experiências, concepções e opiniões. Assim como, acompanhou-se *in loco* certos trabalhos com o solo para perceber a importância da análise do solo na qualidade da construção civil.

A entrevista foi feita no laboratório de análise de solo da empresa de nome fictício Pérola Engenharia Civil e Terra Planagem Ltda – localizada no município de Oriximiná Pará, CEP 68270-000. Dessa forma, obteve-se as informações que segue mediante as perguntas:

Quando foi feita a pergunta se a análise do solo é importante e por quê? A resposta foi:

_ Com certeza ela é importante, pois defini quais parâmetros a se adotar para ter uma excelente execução do serviço a ser realizado.

Prosseguindo, perguntou-se: Quais benefícios a análise de solo traz para obra? A resposta foi:

_ A análise de solo para obra, no caso terraplanagem por exemplo, vem definir a forma de trabalhar para que o serviço seja executado de acordo com as normas técnicas estabelecidas, implicando sempre na melhor qualidade do serviço. Pois através da análise do solo que saberemos nos planejar para a melhor forma de trabalho, obtendo menor custo e melhor qualidade possível, que hoje esses dois pontos são muito abordados no mercado.

Para a pergunta se a análise de solo é usada de maneira constante numa obra? Respondeu:

_ Varia a utilização da análise de solo de acordo com o serviço executado específico pois, muitas vezes existem serviços que não é feito o acompanhamento de um engenheiro civil.

Perguntou ainda, se sabe explicar a diferença de um trabalho com análise de solo e outro sem análise? O entrevistado respondeu:

_ A diferença do trabalho com análise de solo é que será, um trabalho executado dentro dos parâmetros normativos, onde vários estudiosos fazem estudos e chegam numa conclusão que aquele é o resultado esperado que deve aparecer,

enquanto que um trabalho sem análise de solo, não se tem laudos normativos a respeito, é um trabalho executado sem nem um tipo de certeza que poderá dar certo, não tendo garantia de sucesso e qualidade.

E para concluir perguntou com a sua experiência em análise de solo, qual seu comentário sobre ela nos próximos anos? Respondeu:

_ Eu acredito que nos próximos anos, a tendência será cada vez mais a modernização dos conceitos, inovações de métodos e práticas no trabalho. A análise do solo se tornará necessário para a qualidade da construção civil.

Checando estudos teóricos e práticas, constatou-se que quando se pensa em construção utilizando o solo é de grande importância para a área da engenharia civil o estudo do solo para se definir o tipo de fundação e também evitar futuras consequências.

Ademais, análise de solo estudo de campo no trecho da PA - 439 e PA - 254, trabalho de obra de pavimentação do Governo do Pará em Oriximiná-Pará, no período de dois (02) de agosto a cinco (05) de novembro de dois mil e vinte e um (2021).

Primeiramente, o laborista da empresa vai na jazida de piçarra tirar uma amostra do material, para depois analisar em laboratório, sendo analisado, se alcançado o que foi estipulado como porcentagem que o material deve possuir de piçarra, ele é aprovado.

Logo em seguida o material é tirado por meio de caminhões basculhastes, e levado até o trecho da estrada e lá, o material é jogado na pista e passa por tratamento, onde novamente é feito uma análise de solo, onde se vê como por exemplo a sua umidade, se passar o material é compactado e pronto para receber a imprimação e depois o asfalto. Essa sequência de trabalho é sempre feita, como podemos ver a importância da análise de solo como no exemplo apresentado é de suma importância.

As ordens de trabalho na pavimentação de estrada, como por exemplo a pavimentação da PA-439 e da PA-254 feita pela empresa de nome fictício Pérola Engenharia Civil e Terra Planagem Ltda. Primeiramente é feito a limpeza que é a decapitação do material vegetal das laterais da pista, depois vem o sub leito onde a pista ganha forma, entra o laboratório com a análise de solo, vendo que tipo de material há no solo e que tipo de material deve ser colocado em cima dele ou se deve tirar o material que há na pista e por outro, como exemplo a argila.

Após, é feito o sub-base onde jogamos material como piçarra fazendo a pista levantando-a, neste momento entra o laboratório com a análise de solo, vendo que tipo de material será jogado e sua qualidade. Logo depois vem a base, que jogado piçarra só com a diferença de que vem mais material graúdo como seixo, e entra o laboratório para ver a qualidade do material para ter o resultado esperado. Logo, a análise de solo, serve para o trabalho ser sempre de qualidade.

Portanto, no âmbito da construção civil estudos voltados para as propriedades do solo são de grande importância para evitar futuros danos como erosão, deslizamento de terra, e sedimentação das bases e fundações dos edifícios, moradias e construções. Esses aspectos promovem a segurança das construções, pois preserva a resistência do solo, sendo um mecanismo na prevenção da erosão e no planejamento adequado para o uso da terra (NASCIMENTO, 2018).

Na sequência, segue as fotos em ordem de trabalho realizado *in loco* e o mapa do município de Oriximiná-PA:

Figura 1 - Laboratorista indo coletar o material para análise



Fonte: Arquivo pessoal - 2021

Figura 2 - Coletar de material na jazida



Fonte: Arquivo pessoal – 2021.

Figura 3 - Amostra de solo, sendo preparadas para analise



Fonte: Arquivo pessoal – 2021.

Figura 4 - Analisando o material coletado no trecho



Fonte: Arquivo pessoal – 2021.

Figura 5 - Lançamento de material já analisado na pista



Fonte: Arquivo pessoal – 2021.

Figura 6 - Tratamento do material analisado

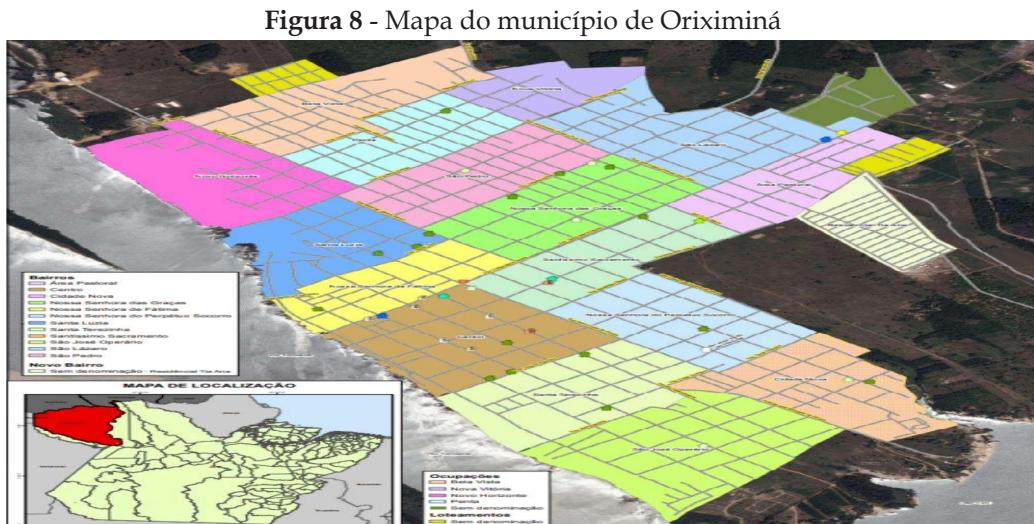


Fonte: Arquivo pessoal - 2021.

Figura 7 - Resultado satisfatório do material já tratado e compactado



Fonte: Arquivo pessoal - 2021



Fonte: Arquivo pessoal - 2021

O estudo de análise de solo apesar de não ser obrigatório em obras pequenas, mas este procedimento é de extrema importância pra engenharia civil, pois esse processo evita risco de acidente na obra e prejuízos financeiros.

Afirma-se que uma das etapas iniciais antes de se começar uma construção é a análise de solo, muito importante pois, dará sustentação para a edificação, para determinar o tipo de uma fundação adequada e, é fundamental analisar as características deste solo, a ausência deste estudo do solo pode gerar grandes transtornos aos engenheiros no momento da execução.

A etapa de uma obra em que se analisa o solo é a sondagem do solo, que é um método de estudo do reconhecimento de um solo, o responsável para executar esse processo é o setor geotécnico.

Estudos apontam que a classificação pelo tamanho dos grãos do solo define três tipos de solo podendo ser classificado em arenoso, argiloso e Siltoso, sendo que o mais utilizado desde os tempos antigos são os argilosos por apresentar partículas que se unem entre si com facilidade.

É importante frisar que não encontraremos um solo que é totalmente de um tipo. Por exemplo, quando classificamos um solo como argilosos estamos falando que a maior parte da sua composição é argila, mas não encontraremos nenhum solo que seja composto 100% por argila.

Considerando a classificação por fração de textura do solo composto de (areia, silte e argila), a superfície apresenta três tipos de solo disposto em arenoso, siltoso e argiloso. No contexto, brasileiro a maior parte geológica do país tem predominância

do argiloso que desde o período colonial ganhou a preferência para as construções (ALMEIDA, et al.; 2005).

Em construções maiores a análise do solo pode ser realizada pelo método Standard Penetration Test - SPT e Sondagem Rotativa, através destes métodos são coletadas amostras para ensaios onde será definido a caracterização do solo, para com isso classificar o tipo de solo e através dessas informações definir o tipo de fundação.

A sondagem consiste em técnicas que realizam o reconhecimento do solo para assegurar economia e segurança ao proprietário. A principal etapa de uma construção é a sondagem, lógico depois da escolha do terreno. A sondagem evita custos desnecessários na obra, e a mesma defini o tipo de fundação.

Portanto, a pesquisa mostrou que a empresa de nome *fictício* Pérola Engenharia Civil e Terra Planagem Ltda procura adequar-se com a atualidade, buscando melhoria da qualidade no trabalho ofertado e a valorização da importância da análise do solo na qualidade da construção civil.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa sessão trata das considerações finais do estudo sobre a importância da análise do solo na qualidade da construção civil.

Nos dias atuais é impossível não se pensar na importância da análise do solo na qualidade da construção civil. O estudo mostrou que as empresas estão buscando adequar-se cada vez mais, dependendo do local de construção o acesso à informação para realização de uma obra de qualidade se faz necessário um bom solo. E para isso é de fundamental importância o trabalho de um bom profissional com formação na área da engenharia civil.

No estudo de caso constatou-se que foi possível ver que o solo local encontrado a disposição para a execução da obra apresentou as propriedades e características necessárias para suportar os esforços oriundos do tráfego e das intempéries. Caso não fosse adequado, seria necessário a correção do solo disponível para que este atendesse às exigências do projeto que a empresa estava realizando. Já que há diversos métodos para corrigir e estabilizar os solos, e é fundamental conhecê-los para fazer uma escolha correta, tecnicamente e economicamente falando. Com base nisso, foi produzido este artigo com aporte bibliográfico e estudo de caso tendo como objetivo geral analisar a importância do solo no âmbito da construção civil, avaliando o custo-benefício e o nível de instabilidade foi consolidado.

Pois, compreender a importância de se fazer um estudo do terreno antes de ser trabalhado, pode evitar muitos problemas futuros, uma vez que tal desenho servirá de norte para o desenvolvimento de todo trabalho a ser executado. Outra situação relevante após o estudo é saber entender os resultados obtidos, visto porque esses efeitos servirão de norteadores para saber se o solo tem capacidade de suportar tão empreendimento com bom custo-benefício.

Alguns tipos de solo são mais rígidos e por isso muitas vezes não necessitam de fundações profundas. Enquanto outros sofrem mais deformação, nesse caso é necessário a utilização de fundações profundas. Os principais tipos de solos e suas características, mas esses tipos na realidade se misturam de infinitas formas, fazendo de cada solo único, por isso cabe aos profissionais analisar e escolher a melhor fundação a ser usada.

Entretanto, foi triste saber notícias desastrosas em consequência da falta da etapa análise do solo para poder construir uma obra. Com isso, o convencimento do engenheiro civil é de suma importância em relação ao proprietário de uma determinada obra no solo para se fazer análises prévias da área e um trabalho de qualidade.

No que tange analisar o uso do solo para o âmbito das construções, a pesquisa direciona que o solo é a matéria mais importante para as construções e por isso a indústria construtiva necessita sempre realizar estudos e análises da viabilidade do solo para construir considerando os aspectos físicos e naturais da região, uma vez que a influência de chuvas pode alterar a resistência do solo, devido a sua saturação, coeficiente de percolação de cada solo.

Contudo, em meio ao estudo da análise de solo *in loco*, foi verificado também os custos-benefícios, diferenciais que trazem em comparação, aos métodos quando não se analisa o solo para a realização de uma obra. Também foi consolidado conhecimentos adquiridos no decorrer do curso de engenharia civil e conclui-se que é sempre possível prevenir o que construir em determinado terreno e como essa estrutura ficará nesse solo de forma segura por meio do trabalho supervisionado por um engenheiro civil.

REFERÊNCIAS

"Manual de métodos de análise de solo" 2^a edição revista, Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ 2011.

<http://44arquitetura.com.br/2018/05/tipos-de-solo-construcao/>

<https://entendaantes.com.br/tipos-de-solo/>

<https://www.mapadaobra.com.br/sondagem-do-solo-e-essencial-para-conhecer-as-caracteristicas-do-terreno/>

<https://www.vivadecora.com.br/pro/curiosidades/tipos-de-solo/>

<https://alcancejr.com.br/sondagem-de-solos/>

<https://www.geoscan.com.br/blog/tipos-de-sondagem-do-solo/>

<https://blog.apl.eng.br/tipos-de-sondagem-de-solo-qual-a-melhor-metodologia-para-sua-obra/>

<https://tribunademinas.com.br/especiais/meuimovel/13-09-2018/o-que-deve-ser-analisado-na-hora-de-escolher-o-terreno.html>

<https://www.escolaengenharia.com.br/tipos-de-sondagem/>

<https://www.xistojunior.com/sing1e-post/analise-de-solo-para-a-construcao#:~:text=A%20vantagem%20principal%20da%20an%C3%A1lise,contar%20com%20as%20chances%20de>

AZEVEDO, Hélio Alves. O edifício até sua cobertura. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

BAZZO, W. A; PEREIRA, L. T. V. Introdução à Engenharia: Conceitos, Ferramentas e comportamentos. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006.

BRITO, José Luis Wey de. Fundações do edifício. São Paulo, EPUSP, 1987.

CHIOSSI, N. J. Geologia Aplicada a Engenharia. São Paulo: Grêmio politécnico, 1975.

LIMA, Valmiqui Costa; LIMA, Marcelo Ricardo de; MELO, Vander de Freitas (Eds.) O solo no meio ambiente: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio. Curitiba: Universidade Federal do Paraná,

Departamento de solos e Engenharia Agrícola, 2007. 130 p.

SCHNAID, F.; ODEBRECHT, E. Ensaios de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

SOARES, W. C. Estacas de compactação para melhoria de solo. 2002. Dissertação (Mestrado em Geotecnica) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS. Engineering design: geotechnical investigations. Manual 1110-1-1804.2001.

CAPÍTULO 10

A IMPORTÂNCIA DO PLANO DE MANUTENÇÃO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA¹

*THE IMPORTANCE OF THE NETWORK MAINTENANCE
PLAN ELECTRICAL DISTRIBUTION*

Gilvana Dias Albarado²

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.10

¹ Texto revisado por Ábia Costa Camacho (Revisora de Textos e Copidesque).
² Unama, gilvana.albarado@hotmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi promover uma clara visão da importância de um plano de manutenção para rede de distribuição, afim de apresentar uma metodologia com prática que atue e atenda as expectativas do planejamento. A hierarquização dos alvos, a analise unificada de suas falhas, juntamente com a rotina de acompanhamento, colaboraram para assertividade de ação corretiva. A base de tudo é estabelecer as ações de planejamento, execução e controle das manutenções preventivas do SISTEMA ELÉTRICO. Com foco em economia, segurança e melhoria dos indicadores de continuidade. Cabe aos colaboradores de manutenção seguir este procedimento para o planejamento, programação, execução e controle das atividades de manutenção no sistema de MT e BT da Distribuidora.

Palavras-chave: Planejamento; Controle; Manutenção preventiva; Redução de falhas.

ABSTRACT

The objective of this work was to promote a clear vision of the importance of a maintenance plan for distribution network. In order to present a methodology with practice that acts and meets the planning expectations.

The ranking of targets, the unified analysis of their failures, together with the follow-up routine, contributed to assertiveness of corrective action.

The basis of everything is to establish the planning, execution and control actions preventive maintenance of the ELECTRICAL SYSTEM. Focused on economics, safety and improvement of continuity indicators. It is up to maintenance employees to follow this procedure for the planning, scheduling, execution and control of maintenance activities in the Distributor's MT and BT system.

Keywords: Planning; control; Preventive maintenance; Failure reduction.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de uma manutenção preventiva mais assertiva, tem seu papel importante nas distribuidoras de energia elétrica. Otimizando a manutenção e recursos disponíveis com os menores custos de despesa possíveis, sendo uma medida de precaução para as instalações elétricas, de forma a evitar danos e falhas na rede antes do tempo previsto. Desta forma é efetuado o monitoramento, medições e manutenção corretiva por meio de equipes técnicas, proporcionando o funcionamento adequado da rede de distribuição e equipamentos uma vez que os proble-

mas são corrigidos na sua fase inicial, evitando danos maiores. Para estabelecer as ações de planejamento, execução e controle das manutenções preventivas das redes de distribuição primárias em 13,8 e 34,5 kV, e secundárias em 110, 220/380, 440V da Distribuidora com foco em economia, segurança e melhoria dos indicadores de continuidade, cabe aos colaboradores de manutenção seguir este procedimento para o planejamento, programação, execução e controle das atividades de manutenção no sistema de MT e BT da Distribuidora; sendo esta preventiva, é efetuada em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

Existem vários tipos de manutenção antes da quebra, dividindo-se em: Manutenção Periódica; Manutenção Preditiva; Manutenção Corretiva Programada e Manutenção por Melhoria.

A manutenção periódica é realizada segundo uma rotina específica em intervalos de tempo regulares, através de inspeção, reparos, limpeza de equipamentos e substituição de peças com base tempo, visando reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item; Já a manutenção preditiva é a que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base no acompanhamento ou monitoramento de determinados parâmetros do equipamento ou instalação (vibração, temperatura, ruído), para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva; Enquanto que a manutenção corretiva programada é a intervenção que se faz em função de um acompanhamento das manutenções periódicas e preditivas e atuando na substituição de peças e componentes do equipamento antes da falha, tomando como base a condição, na busca de garantir a continuidade do sistema. Esse tipo de manutenção possibilita a programação dos recursos necessários para a intervenção de manutenção, uma vez que a falha é esperada.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Tipos de inspeção

2.1.1 Inspeção de limpeza de faixa

Esta é uma inspeção aperiódica realizada em toda extensão da área de faixa de servidão em tronco e derivações já previamente mapeadas com o objetivo principal de levantar a condição da densidade da vegetação validando a necessidade de realizar e limpeza e/ou a reabertura, bem como mapear por trecho, apontando de poste a poste a quantidade de hectares.

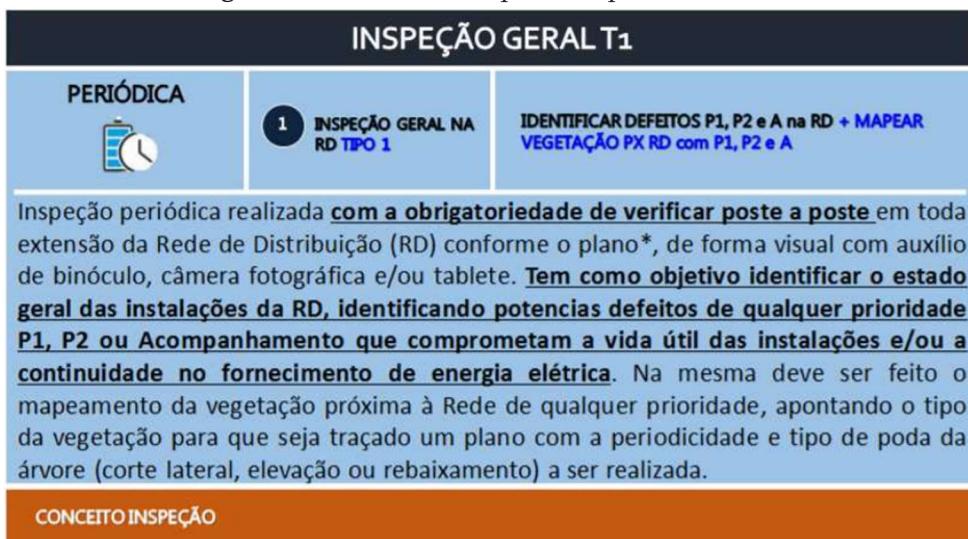
2.1.2 Inspeção de Recebimento de limpeza de Faixa

Inspeção aperiódica realizada em toda a extensão da área de faixa de serviço em tronco e/ou derivação no qual solicitado para recebimento pelo fornecedor, com objetivo de avaliar e validar a qualidade do serviço prestado e quantidade de hectares trabalhados conforme padrão, caso encontrado deve-se apontar os possíveis pontos de pendências para regularização.

2.1.3 Inspeção Geral

Esta inspeção é preditiva que se fundamenta na detecção e interpretação da radiação térmica emitida pelos equipamentos e componentes do sistema inspecionado; permitindo o exame e a avaliação do estado térmico de operação das instalações sem a necessidade de qualquer contato físico ou indisponibilidade operacional. Subdividida em Tipo 1, Tipo 2 e Patrulhamento:

Figura 1 - Conceituação tipo de inspeção Geral T1.



Fonte: [autor].

Figura 2 - Fotos de anomalias em tipo de inspeção Geral T1

INSPEÇÃO GERAL T1		
PERIÓDICA	1 INSPEÇÃO GERAL NA RD TIPO 1	IDENTIFICAR DEFEITOS P1, P2 e A na RD + MAPEAR VEGETAÇÃO PX RD com P1, P2 e A

Fonte: [autor]

Figura 3 - Conceituação tipo de inspeção Geral T2

INSPEÇÃO GERAL T2		
PERIÓDICA	1 INSPEÇÃO GERAL NA RD TIPO 2	PATRULHAR RD IDENTIFICAR DEFEITO P1 + MAPEAR VEGETAÇÃO PX RD com P1, P2 e A
<p>Inspeção periódica realizada <u>sem a obrigatoriedade de verificar poste a poste</u> em toda extensão da Rede de Distribuição (RD) conforme o plano*, de forma visual com auxílio de binóculo, câmera fotográfica e/ou tablet. <u>Tem como objetivo acompanhar a evolução dos defeitos P1, P2 ou Acompanhamento, fazendo o apontamento somente de um novo defeito de P1 que comprometam a continuidade no fornecimento de energia elétrica.</u> Na mesma deve ser feito o mapeamento da vegetação próxima à Rede de qualquer prioridade, apontando o tipo da vegetação para que seja traçado um plano com a periodicidade e tipo de poda da árvore (corte lateral, elevação ou rebaixamento) a ser realizada.</p>		

CONCEITO INSPEÇÃO

Fonte: [autor].

Figura 4 - Fotos de anomalias em tipo de inspeção Geral T2.

INSPEÇÃO GERAL T2			
PERIÓDICA	1 INSPEÇÃO GERAL NA RD TIPO 2	PATRULHAR RD IDENTIFICAR DEFEITO P1 + MAPEAR VEGETAÇÃO PX RD com P1, P2 e A	

Fonte: [autor]

Figura 5 - Conceituação tipo de inspeção Patrulhamento.

INSPEÇÃO PATRULHAMENTO		
PERIÓDICA	3 INSPEÇÃO PATRULHAMENTO	PATRULHAR RD IDENTIFICAR DEFEITO P1 + MAPEAR VEGETAÇÃO PX RD com P1
<p>Inspeção periódica realizada <u>sem a obrigatoriedade de verificar poste a poste</u> em toda extensão da Rede de Distribuição (RD) conforme o plano*, de forma visual com auxílio de binóculo, câmera fotográfica e/ou tablet. <u>Tem como objetivo acompanhar a evolução dos defeitos P1, P2 ou Acompanhamento, fazendo o apontamento somente de um novo defeito de P1 na RD ou de vegetação próxima à Rede que comprometam a continuidade no fornecimento de energia elétrica.</u></p>		

Fonte: [autor]

Figura 6 - Fotos de anomalias em tipo de inspeção Patrulhamento

INSPEÇÃO PATRULHAMENTO			
PERIÓDICA	3 INSPEÇÃO PATRULHAMENTO	PATRULHAR RD IDENTIFICAR DEFEITO P1 + MAPEAR VEGETAÇÃO PX RD com P1	

Fonte: [autor]

2.1.4 Inspeção Termográfica

Figura 7 - Fotos de anomalias em tipo de inspeção Termográfica.



Fonte: [autor]

Inspeção preditiva que se fundamenta na detecção e interpretação da radiação térmica emitida pelos equipamentos e componentes do sistema inspecionado. Permite o exame e a avaliação do estado térmico de operação das instalações sem a necessidade de qualquer contato físico ou indisponibilidade operacional. Realizada com um equipamento de Termovisão Portátil.

2.1.5 Inspeção Poda de Árvore

Inspeção periódica realizada nos alimentadores, linhas de distribuição, ramais primários e áreas de baixa tensão com o objetivo de identificar e mapear vegetação próxima à rede elétrica, bem como apontar o tipo da vegetação para que seja traçado um plano com periodicidade para poda de árvores.

2.2 Prioridade

É a classificação que se dá ao defeito no momento da inspeção indicando quais os critérios e forma de avaliação a serem adotados para definir a ordem a ser realizada a manutenção, de forma a garantir que o defeito não se torne uma falha.

2.2.1 Prioridade 1 – P1

São os defeitos nos quais se determina a existência de um risco notório que implica em perigo em um curto espaço de tempo para o sistema elétrico e a segurança das pessoas e meio ambiente.

2.2.2 Prioridade 2 – P2

São aqueles nos quais se determina a não existência de um perigo imediato para o sistema elétrico e a segurança das pessoas e meio ambiente, porém podem originar uma falha na instalação podendo, inclusive, reduzir a capacidade de utilização desta.

2.2.3 Prioridade 3 – P3

São aqueles nos quais se determina a não existência de um perigo imediato para o sistema elétrico e a segurança das pessoas e meio ambiente, porém o equipamento já se encontra comprometido e necessita ser substituído dependendo da aquisição de um novo equipamento ou seus componentes.

2.2.4 Prioridade A – Acompanhamento

São aqueles nos quais se determina a não existência de um perigo imediato para o sistema elétrico e a segurança das pessoas e meio ambiente. São os defeitos que não perturbam o funcionamento das instalações, isto é, não têm um valor significativo para o uso efetivo ou o bom funcionamento destas instalações. Para este é importante seguir sua evolução.

3 METODOLOGIA

A metodologia aplicada para definir prioridade e para tabelar defeitos, foi a metodologia Matriz GUT. DEFINIÇÃO: Esta é uma ferramenta de auxílio na priorização de resolução de problemas. A matriz serve para classificar cada problema que se julga pertinente pela ótica da gravidade (do problema), da urgência (de resolução dele) e pela tendência (dele piorar com rapidez ou de forma lenta). É uma metodologia desenvolvida para a fixação de prioridades.

Figura 8 - Tabela de Matriz de GUT.

MATRIZ GUT (PARA PRIORIZAR PROBLEMAS A SEREM TRATADOS)					
GRAVIDADE	NOTA	URGÊNCIA	NOTA	TENDÊNCIA	NOTA
sem gravidade	1	Loguissimo prazo (60 dias ou mais)	1	sem tendencia de piorar	1
pouco grave	2	Pouco Urgente. Longo prazo (45 dias)	2	piorar em longo prazo	2
grave	3	Urgente (Prazo médio (30 dias)	3	piorar em medio prazo	3
muito grave	4	Muito Urgente. Curto prazo (15 dias)	4	piorar em curto prazo	4
extremamente grave	5	Extramamente Urgente. Imediatamente (5 dias)	5	agravamento imediato	5

Fonte: [autor]

3.1 Prioridade de problemas

3.1.1 *Gravidade*

É analisada pela consideração da intensidade ou impacto que o problema pode causar se não for solucionado. Tais danos podem ser avaliados quantitativa ou qualitativamente. A pontuação da gravidade varia de 1 a 5.

3.1.2 *Urgência*

É analisada pela pressão do tempo que existe para resolver determinado defeito. Basicamente leva em consideração o prazo para se resolver um determinado problema. A pontuação varia de 1 a 5.

3.1.3 *Tendência*

É analisada pelo padrão ou tendência de evolução da situação. Pode-se analisar problemas, considerando o desenvolvimento que ele terá na ausência de uma ação efetiva para solucioná-lo. Representa o potencial de crescimento do problema a probabilidade do problema se tornar maior com o passar do tempo. A pontuação varia de 1 a 5.

3.2 PRAZO DE CORREÇÃO Com base nesta análise seria adotado os seguintes prazos para correção:

3.2.1 *Rede de distribuição*

- a) Prioridade 1 – 30 dias
- b) Prioridade 2 – 90 dias
- c) Acompanhamento – sem prazo definido

3.2.2 *Equipamento*

- a) Prioridade 1 – 30 dias
- b) Prioridade 2 – 90 dias
- c) Prioridade 3 – 120 dias
- d) Acompanhamento – sem prazo definido

Todas as inspeções se baseiam em padrões de rede adotados por cada concessionaria, de forma a estabelecer as estruturas padronizadas para redes de distri-

buição de energia elétrica, bem como as regras e recomendações para a montagem destas estruturas nas áreas de concessão de cada uma.

3.3 Plano de manutenção

O plano é segmentado em quatro itens da rede de distribuição:

3.3.1 Segmentação

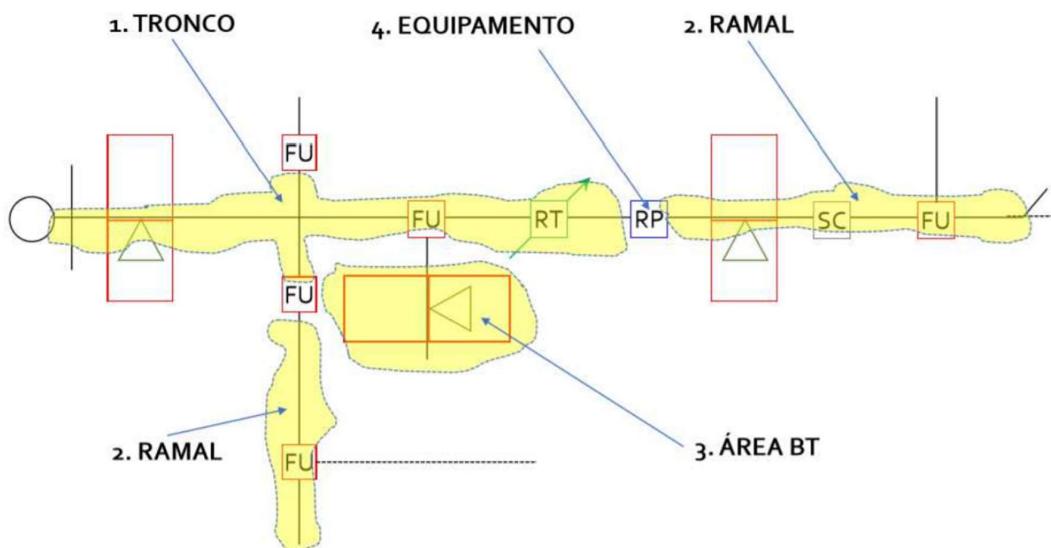
3.3.1.1 Tronco do Alimentador

Alimentador (tronco) é o trecho compreendido entre a chave de isolamento do alimentador até a primeira proteção na RD, ou seja, este trecho está sob a proteção (religador ou disjuntor) da subestação.

3.3.1.2 Ramal ou Derivação do Alimentador

Ramal é o trecho compreendido entre o componente alvo até aproxima proteção, ambos podendo ser um religador de poste ou religador para uma chave fusível, ou chave religadora para uma chave fusível, ou ambas uma chave fusível. A área de Baixa tensão – BT, trecho no qual é compreendido toda a rede de baixa tensão atendida pelo transformador alvo, equipamento este da rede de distribuição. Ex.: Religador, regulador, chave telecomandada ou banco de capacitor. Abrangência:

Figura 9 - Diagrama abrangência da rede.



Fonte: [autor].

3.3.2 Estratégia de manutenção

3.3.2.1 Ações por tipo de manutenção

Figura 10 - Tabela de estratégia de manutenção.

DEFINIÇÃO ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVARD			
Avaliação do sistema e análise falhas/causas	Traçar as ações de manutenção com base causa da falha	Definição prioridade e periodicidade da manutenção	Definição da Estratégia de Manutenção
1 SEGMENTO REDE DISTRIBUIÇÃO 2 FALHAS/CAUSAS <ul style="list-style-type: none"> a. TRANSITORIO b. VEGETAÇÃO c. ISOLADOR d. POSTE QUEBRADO e. CONEXÃO f. ENVELHECIMENTO g. DESCOORDENAÇÃO 	1 INSPEÇÃO 2 TROCA PEÇAS, REGULAGEM, REAPERTO E LIMPEZA 3 CORTE VEGETAÇÃO 4 SELETIVIDADE PROTEÇÃO	1 CRITÉRIO ABC 2 HIERARQUIA 3 MÊS, TRIMESTRE, ANO 4 POR CONDIÇÃO, RS1, INTERRUP	1 SEGMENTO RD <ul style="list-style-type: none"> a. AÇÃO b. CLASSE ABC c. PERIODICIDADE d. PLANO MNT
DIAGNOSTICO	AÇÕES	PRIORIDADE	PLANO DE MNT

Fonte: [autor]

Figura 11 - Tabela de Tipo de manutenção em rede.

DEFINIÇÃO ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVARD			
PERIÓDICA	PREDITIVA	CORRET. PROG	POR MELHORIA
 <ul style="list-style-type: none"> 1 INSPEÇÃO GERAL NA RD TIPO 1 2 INSPEÇÃO GERAL NA RD TIPO 2 3 INSPEÇÃO PATRULHAMENTO 4 TROCA BATERIAS 	 <ul style="list-style-type: none"> 1 INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA T1 2 INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA T2 3 LEITURA EM TRANSFORADOR 4 ENSAIOS EM EQUIPAMENTOS RD 	 <ul style="list-style-type: none"> 1 TROCA DE COMPONENTES 2 PODA DE ÁRVORES E LIMPEZA DE FAIXA 3 LAVAGEM DE REDES 4 COORDENAÇÃO DA PROTEÇÃO 	 <ul style="list-style-type: none"> 1 MELHORIA SISTEMA OU EQUIPAMENTO ATRAVÉS DE ANÁLISE DE FALHAS RECORRENTES E/OU CRÔNICAS, IMPLEMENTANDO MELHORIA NO FUNCIONAL NO PADRÃO EXISTENTE
BASE TEMPO	BASE MEDAÇÃO/PARÂM.	BASE CONDIÇÃO	BASE ANÁLISE FALHAS

Fonte: [autor]

Figura 12 - Tabela de Tipo de manutenção em rede.

OBJETIVO POR TIPO DE INSPEÇÃO		
PREDITIVA 	1 INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA T1 2 INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA T2	IDENTIFICAR PONTO QUENTE EM CONEXÕES P1, P2 e A COM TERMOVISOR PORTÁTIL IDENTIFICAR PONTO QUENTE EM CONEXÕES P1, P2 e A COM TERMOVISOR EMBARCADO
TIPO MANUTENÇÃO 	TIPO INSPEÇÃO	OBJETIVO
	1 INSPEÇÃO GERAL NA RD TIPO 1 2 INSPEÇÃO GERAL NA RD TIPO 2 3 INSPEÇÃO PATRULHAMENTO	IDENTIFICAR DEFEITOS P1, P2 e A na RD + MAPEAR VEGETAÇÃO PX RD com P1, P2 e A PATRULHAR RD IDENTIFICAR DEFEITO P1 + MAPEAR VEGETAÇÃO PX RD com P1, P2 e A PATRULHAR RD IDENTIFICAR DEFEITO P1 + MAPEAR VEGETAÇÃO PX RD com P1

Fonte: [autor]

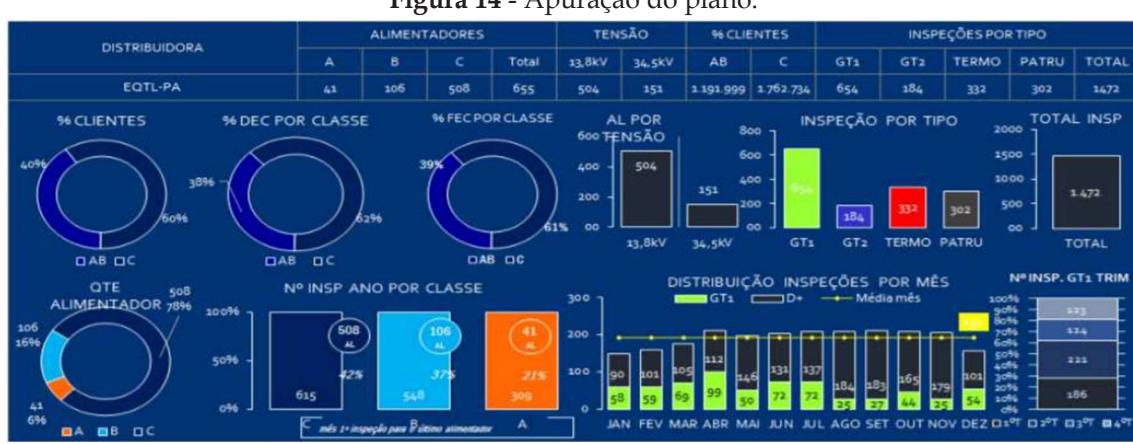
3.3.2.2 Frequência de inspeção

Figura 13 - Tabela de frequência e inspeção.

FREQUÊNCIA DE INSPEÇÕES ANO / CLASSE / TENSÃO					
PREDITIVA 	1 INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA T1, T2	3 3	2 2	* *	
TIPO MANUTENÇÃO 	TIPO INSPEÇÃO	CLASSE A	CLASSE B	CLASSE C	
		4 6	3 4	1* 2	

Fonte: [autor].

3.3.2.3 Acompanhamento de plano de manutenção



Fonte: [autor]

3.3.2.4 Definição de alvos

Para a definição dos alvos de manutenção, é utilizado o critério de percentual de contribuição adotada conforme abaixo.

Alimentadores:

- 50% FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Consumidor) sendo que 10% para segurança e 40% para interrupção por cliente.
- 30% DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Consumidor) sendo 20% em TMA (Tempo médio de atendimento) e 10% flexibilidade.
- 20% Valores de multa, estes sendo 10% EUSD (Encargo de Uso do Sistema de Distribuição) e 10% multa.

Ramais e Baixa Tensão

- 40% FEC (Frequência Equivalente de Interrupção por Consumidor) sendo Recorrência x Cliente atingido.
- 30% DEC (Duração Equivalente de Interrupção por Consumidor) - Cliente x Hora.
- 30% Compensação DIC (Duração de interrupção individual por unidade consumidora)/FIC (Frequência de interrupção individual por unidade consumidora)/DMIC (Duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora ou ponto de conexão).

3.3.2.5 Formulário de inspeção

Figura 15 - Formulário de inspeção.

Fonte: [autor].

Figura 16 - Evidencia fotográfica de inspeção.

Fonte: [autor].

A planilha apresenta uma Tabela que contém todos os defeitos que podem ser encontrados em item de manutenção como: 1. Grupo de Códigos: Referente a um grupo de defeito - RA: Rede aérea MT, BT: Baixa Tensão, EQ: Equipamento; 2. Parte do objeto: Referente ao objeto inspecionado - CB: Condutores, CN: Conexão, CZ: Cruzetas, ES: Estrutura; 3. Descrição da inconformidade: Referente ao defeito

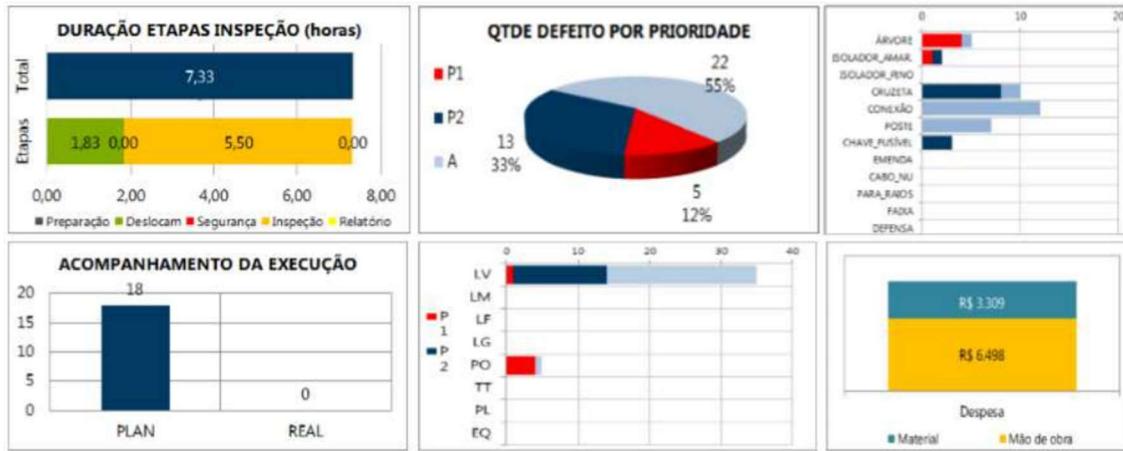
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O acompanhamento periódico possibilita a antecipação de falhas indesejáveis e evolui o processo de manutenção dando ao processo da dinâmica e assertividade necessárias, detectando problemas e propondo soluções para melhoria da rede e equipe, pois sem uma rotina estabelecida dificilmente conseguem praticar a enge-

nharia de manutenção. Mas para que a metodologia aplicada tenha o resultado esperado, é necessário que a equipe esteja qualificada, afim de coletar as informações corretas para a base de análise das possíveis anomalias na rede.

4.1 Relatório de inspeção – resumo

Figura 17 - Resumo de acompanhamento de inspeção.



Fonte: [autor].

4.2 Índice de manutenção preventiva

Figura 18 - Tabela de apuração Plano de manutenção.

REGIONAL	INSPEÇÕES						MANUTENÇÕES						FORA DO PRAZO				IMP	
	META INSP	REAL INSP	DEFEITOS			% INSP	ORD EXEC	CORREÇÕES			% MNT	RETIRADO		PENDENTE		ÍNDICE	FAROL	
			P1	P2	A			P1	P2	A		P1 0%	P2 0%	P1 -30%	P2 -20%			
NORTE	310	255	876	2881	1896	41,1%	98	321	657	27	25,6%	321	617	499	1059	67,3%		
NORDESTE	184	143	323	1443	4897	38,9%	25	117	248	98	30,1%	117	205	138	512	69,8%		
CENTRO	88	84	176	810	497	47,7%	27	94	312	6	29,4%	94	224	78	297	77,1%		
OESTE	122	109	498	1546	567	44,7%	48	113	356	16	21,7%	113	356	358	520	67,1%		
SUL	270	230	912	1539	819	42,6%	13	259	383	15	21,6%	259	326	581	716	65,9%		
EQTL-PA	974	821	2785	8219	8676	42,1%	211	904	1956	162	24,6%	904	1728	1654	3104	67,7%		

Fonte: [autor]

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no contexto deste trabalho, observamos que a forma de acompanhar o processo de manutenção do sistema de distribuição, por meio de prática de plano de manutenção elaborado com definição de alvos através da matriz de GUT e monitoramento periódico, tornando-se assim mais fácil detectar as possíveis avarias e fazer uma manutenção mais eficiente, com método para alcançar as metas junto à equipe e produzir resultados. Assim se atinge o objetivo principal que é a melhoria na qualidade do fornecimento, com custo reduzido agregando valores como: Maior confiabilidade e disponibilidade; Melhor relação custo-benefício; Preservação do meio ambiente; e reduzindo drasticamente as falhas prematuras.

Esta é uma prática que vai além do simples procedimento de corrigir o sistema quando este apresenta falha, pois cria a rotina da antecipação do problema e por conseguinte melhora toda cadeia de atividades do fornecimento de energia reduzindo custos com processos de danos, nível de tensão, queima de equipamentos e interrupções inesperadas. O processo é a prática contínua da Engenharia da Manutenção.

REFERÊNCIAS

- COTRIM, A. **Instalações Elétricas**. 5º edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 4 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. - LTC, 1976.
- FLANDOLI, Fábio. **A divisão da instalação em circuitos conforme a NBR 5410:2004**. Eletricista Consciente, 28 de junho de 2017. Disponível em: . Acesso em: 29 de fevereiro de 2020.
- GOENKING, Weruska. **Segurança elétrica no Limite**. O Setor Elétrico, São Paulo/SP, p.60-69, 2010.
- Normas técnicas Equatorial CREDER, H. **Instalações elétricas**. [S.l.]: Livros Técnicos e Científicos, 2007.

APÊNDICES

Figura 1. Conceituação tipo de inspeção Geral T1 - Fonte: [autor].

Figura 2. Fotos de anomalias em tipo de inspeção Geral T1 - Fonte: [autor].

Figura 3. Conceituação tipo de inspeção Geral T2 Fonte: [autor].

Figura 4. Fotos de anomalias em tipo de inspeção Geral T1 Fonte: [autor].

Figura 5. Conceituação tipo de inspeção Patrulhamento Fonte: [autor].

Figura 6. Fotos de anomalias em tipo de inspeção Patrulhamento Fonte: [autor].

Figura 7. Fotos de anomalias em tipo de inspeção Termográfica Fonte: [autor].

Figura 8. Tabela de Matriz de GUT [autor].

Figura 9. Diagrama abrangência da rede [autor]

Figura 10. Tabela de estratégia de manutenção [autor].

Figura 11. Tabela de Tipo de manutenção em rede [autor].

Figura 12. Tabela de Tipo de manutenção em rede [autor].

Figura 13. Tabela de frequência e inspeção [autor].

Figura 14. Apuração do plano [autor].

Figura 15. Formulário de inspeção [autor].

Figura 16. Evidencia fotográfica de inspeção [autor].

Figura 17. Resumo de acompanhamento de inspeção [autor].

Figura 18. Tabela de apuração Plano de manutenção [autor].

Figura 19. Gráficos de apuração do plano de manutenção [autor].

CAPÍTULO 11

A IMPORTÂNCIA DA INSPEÇÃO TERMOGRÁFICA NA MANUTENÇÃO PREDITIVA DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

*THE IMPORTANCE OF THERMOGRAPHIC INSPECTION
IN PREDICTIVE MAINTENANCE OF PHOTOVOLTAIC
SYSTEMS*

Alan Christian Almeida Souza
Márlison Santos Sá

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.11

RESUMO

A termografia é uma técnica que permite mapear corpos para localizar diferenças de temperaturas. É uma tecnologia de grande potencial na verificação de possíveis defeitos em sistema elétricos, especialmente os fotovoltaicos. Nesta perspectiva o presente trabalho apresenta um estudo bibliográfico de um estudo de caso, apresentando os aspectos teóricos associados aos procedimentos adotados, com o objetivo de verificar a viabilidade do uso da técnica termográfica. Os resultados das pesquisas realizadas apontaram que os termógrafos apesar de possuírem um alto custo de investimento, as manutenções preditivas com o uso dos mesmos podem evitar custos ainda superiores em manutenções corretivas. Além de que nas manutenções corretivas, o uso dos termógrafos diminuem consideravelmente a detecção das falhas e o tempo das inspeções.

Palavras-chave: Termografia. Sistema fotovoltaico. Manutenção preditiva.

ABSTRACT

Thermography is a technique that allows you to map bodies to locate temperature differences. It is a technology with great potential for checking possible defects in electrical systems, especially photovoltaic ones. In this perspective, the present work presents a bibliographic study of a case study, presenting the theoretical aspects associated with the adopted procedures, with the objective of verifying the feasibility of using the thermographic technique. The results of the surveys carried out indicated that thermographs, despite having a high investment cost, predictive maintenance with the use of them can avoid even higher costs in corrective maintenance. In addition to corrective maintenance, the use of thermographs considerably reduces failure detection and inspection time.

Keywords: Thermography. Photovoltaic system. Predictive Maintenance.

1 INTRODUÇÃO

O avanço de novas tecnologias que visam extrair fontes de energias renováveis tem dado passos largos, pois a preservação da vida na terra depende da capacidade dos seres humanos de contribuir significativamente com o meio ambiente através das renovações das matrizes energéticas, e dentre essas fontes está a fotovoltaica. Esta energia se dá pelo efeito fotovoltaico, em que a luz é absorvida pelas células fotovoltaicas e convertida em energia elétrica.

Com os positivos avanços dessa fonte de energia renovável, concomitantemente surgem os problemas de origem técnica ou por erros nas instalações. Os princípios de falhas que podem ser desde as fabricações de componentes, fenômenos do ambiente e os erros cometidos pelos responsáveis do projeto ao dimensionar, instalar e manusear, podem gerar graves consequências em um sistema elétrico fotovoltaico, como o superdimensionamento, cabeamento mal conectado, que causam prejuízos graves de pontos altos de calor no sistema.

Nesse sentido, visando reduzir incidentes e garantir a segurança dessas instalações, a manutenção preditiva tem sido uma alternativa que não só permite visualizar focos de superaquecimento como também previne as possíveis falhas nesses sistemas. Em muitos casos, esses problemas passam despercebidos aos olhos do responsável técnico, mas que podem ser avistados e analisados por meio de termógrafos, que são dispositivos de detecção de temperaturas, sendo este de grande importância para a prevenção ou remediação de danos ou até mesmo acidentes.

A termografia é uma técnica relativamente nova na engenharia, comparada aos demais instrumentos utilizados na manutenção e inspeção de equipamentos elétricos e têm tido uma expressiva notoriedade nas últimas décadas. Logo, devido à praticidade física desse equipamento e o seu custo acessível, torna-se uma alternativa promissora na atualidade. Desse modo, sendo possível acoplar câmeras termográficas em drones e até mesmo a aparelhos de celular.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Calor e o aquecimento de instalações elétricas

Definido pelo físico William Thomson, calor é a energia de movimento dos átomos que compõem um corpo. Desta maneira qualquer objeto que esteja a uma temperatura acima do zero absoluto ou 0 K, que equivale a -273,16 °C, os átomos ficarão instáveis, gerando uma radiação de ondas infravermelhas. Quanto maior a temperatura do objeto, maior será a agitação dos seus átomos o que acarreta numa maior emissão de radiação. Já o calor é a energia transferida entre dois corpos até que o equilíbrio térmico seja atingido (Silva, Isis 2016).

Em sistemas elétricos as perdas se dão principalmente por Efeito Joule, de forma que o aquecimento é proporcional ao quadrado da corrente. Por este mesmo fenômeno também é possível verificar que quanto maior a resistência à passagem de corrente, maior será o aquecimento. Instalações elétricas frequentemente são identificados casos de aquecimento por mau contato e por processos de corrosão comum quando há dois tipos de condutores em contato (Silva, Isis 2016).

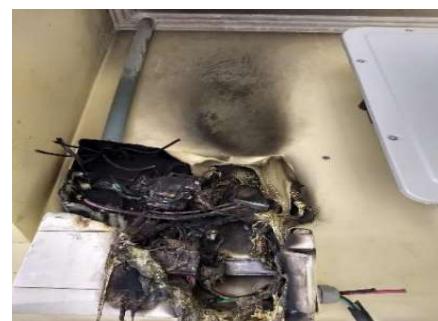
Muitos dos problemas de superaquecimento de componentes elétricos são ocasionados pelo superdimensionamento de um sistema, mau contato das ligações dos cabos, quando uma corrente ultrapassa a resistência elétrica dessas ligações e componentes, gera-se calor e o superaquecimento do sistema. Já em módulos fotovoltaicos, o aquecimento se dá pela alta temperatura do sol, que atinge diretamente as células fotovoltaicas, provocando uma grande agitação das moléculas daquele material (Figuras 1 e 2).

Figura 1 - Resultado de superaquecimento.
de Módulos



Fonte: Ecori energia solar (2021).

Figura 2 - curto-circuito em um
inversor fotovoltaicos.



Fonte: Solar prime (2021).

2.2 Radiação

A radiação é processo de transferência de calor de uma superfície de alta temperatura para uma superfície de temperatura mais baixa quando tais superfícies estão separadas no espaço, ainda que exista vácuo entre elas. A energia assim transferida é chamada radiação térmica e é emitida por partículas ou ondas eletromagnéticas em movimento que viajam na velocidade da luz (Santos, 2006).

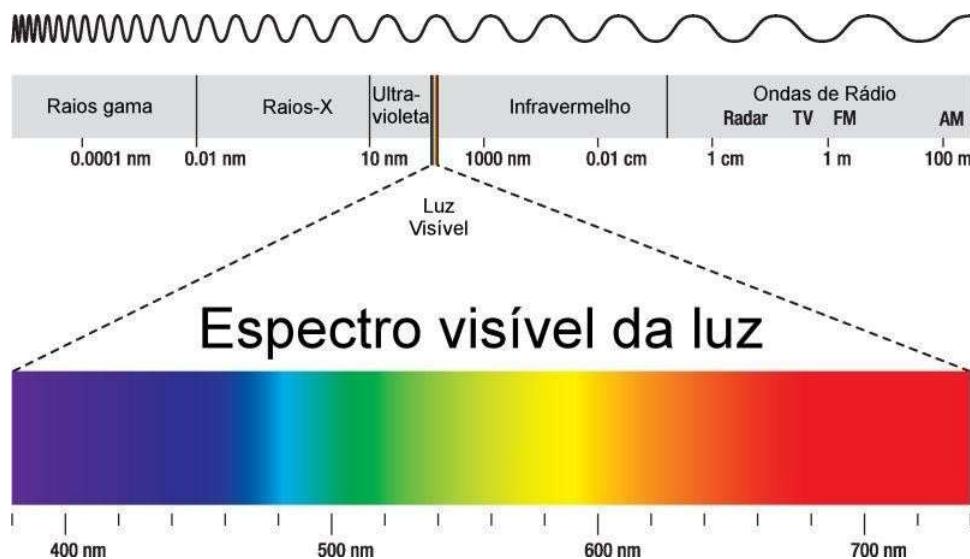
A transferência de calor por radiação é a base para a análise de temperatura através da termografia, que detecta a radiação emitida pelo material sob inspeção, mais especificamente a radiação infravermelha.

2.3 Radiação infravermelha

O infravermelho é um tipo de radiação eletromagnética que possui frequência menor que a da luz vermelha e, por isso, não está dentro do espectro eletromagnético visível aos olhos humanos. O infravermelho possui comprimento de onda entre $1 \mu\text{m}$ ($1 \times 10^{-6}\text{m}$) e 1 mm ($1 \times 10^{-3}\text{m}$) por ser uma radiação não ionizante, ela não apresenta perigo aos humanos. A vibração molecular e as oscilações nas cargas elétricas constituintes dos átomos provocam a emissão de radiação, por isso, esse tipo de radiação está associado ao calor. É fácil perceber a radiação de calor quando nos aproximamos de um material superaquecido. Isso ocorre por causa da percepção

do corpo às ondas de infravermelho produzidas pelo corpo com maior frequência de calor (Junior, 2021).

Figura 1 - Espectro eletromagnético.



Fonte: Peter Hermes Furian / Shutterstock (2021).

2.4 Radiação Solar

A radiação solar no espaço interestelar é de 1353 W/m², chamada de constante solar, o que é menor na Terra, pois, a atmosfera bloqueia grande parte dessa energia, garantindo o equilíbrio biológico na terra. A quantidade de radiação solar por unidade de área que atinge um ponto específico da Terra depende da latitude, da declinação e das estações do ano. A transmissão da energia solar para a Terra se dá por meio de radiação eletromagnética, sendo que 97% da radiação solar está contida na região visível e infravermelho do espectro eletromagnético. O Brasil apresenta um ótimo índice de radiação solar, principalmente na região Nordeste (Donoso, 2021).

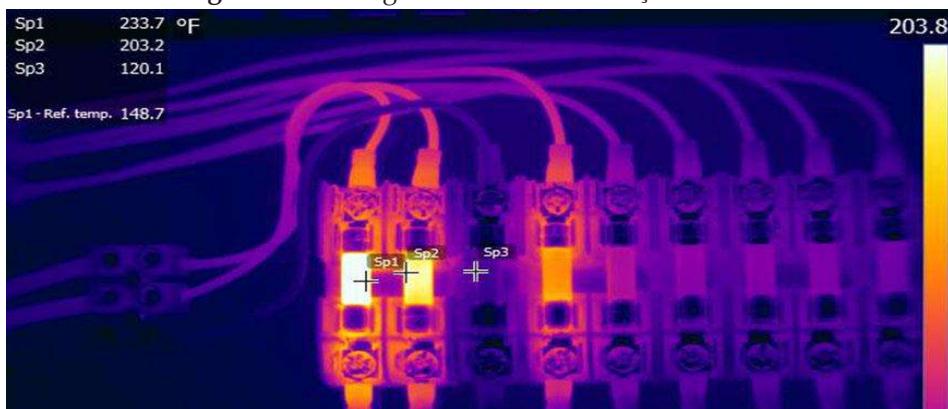
2.5 Termografia

A termografia é um método de análise que permite perceber imagens e dados quantitativos e qualitativos de um corpo que absorve e emite calor, para distinguir diferentes temperaturas por meio da radiação infravermelha naturalmente emitida pelos corpos, usa-se um termógrafo, de modo que, depois de feita a coleta de informação possa desenvolver uma análise técnica das imagens obtidas pelo aparelho. A teoria da termografia diz que qualquer corpo com temperatura acima do zero absoluto (0K = -273,15°C) emite uma radiação infravermelha, porém, o olho humano só pode ver uma pequena parte do espectro eletromagnético, que se localiza na faixa

entre um dos extremos da ultravioleta e, no outro extremo, os nossos olhos não podem ver os infravermelhos (SOUZA, et al, 2014).

A inspeção Termográfica é desenvolvida por meio da averiguação da energia térmica que permite a visualização de imagens de calor infravermelho que os equipamentos ou componentes do sistema elétrico emitem. Quanto maior o gradiente de temperatura de um objeto, maior será a radiação infravermelha por ele emitido, indicando potenciais falhas de um determinado material seja por corrosão, componentes obsoletos, mal dimensionamento ou alteração do sistema (Figura 4).

Figura 2 - Termograma de uma instalação. elétrica



Fonte: Ifell (2021).

2.6 Termógrafos

É um instrumento de detecção que é usado para converter a radiação infravermelha em um valor de temperatura ou em uma imagem térmica, que pode ser usada para avaliar a condição térmica do objeto no momento da medição. Termovisores (Figuras 5 e 6) são bastante utilizados em vários campos de trabalho, como na medicina, fisioterapia, laboratórios de fisiologia, indústrias, inspeção elétrica. Este equipamento funciona em Sistemas elétricos energizados que geram calor devido à resistência elétrica, essa quantidade de calor gerado está relacionada à resistência dos componentes e as conexões de cada um. Os termógrafos conseguem identificar focos de calor de temperatura diferenciados.

Figura 5 - Termovisor.



Fonte: Autores (2021).

Figura 6 - Termovisor.



Fonte: Autores (2021).

2.7 Termografia na manutenção preditiva de equipamentos

A análise termográfica vem sendo bastante utilizada na indústria como parte das ações de manutenção preditiva, graças a sua praticidade e agilidade na medição de informações necessárias para a preservação das máquinas. Desse modo, ela é capaz de averiguar as condições dos equipamentos, mostrando de forma clara e simples as condições de circuitos e quadros de energia, sejam eles de média ou baixa tensão.

Além disso, essa técnica de manutenção permite analisar outros ambientes produtivos importantes para o bom funcionamento das máquinas como: instalações elétricas, linhas de alta-tensão, nobreaks, subestações e cabines de entrada de energia, entre outros. É importante entender que a inspeção termográfica é uma das ferramentas para a manutenção preditiva dos ativos. Pois, é possível saber a saúde dos equipamentos, monitorando de perto ou remotamente as condições de funcionamento.

Figura 7 - Grau de severidade.

Severidade	Cor	Descrição
Normal	Verde	Não apresenta aquecimento
Pouco Aquecido	Amarelo	Quando os níveis de temperatura estiverem um pouco acima do normal. Realizar acompanhamento. Intervir se houver elevação de temperatura.
Aquecido	Marrom	Quando os níveis de temperatura medidos estiverem acima do normal. Programar intervenção para evitar a elevação da temperatura
Muito aquecido	Vermelho	Quando os níveis de temperatura medidos estiverem elevados. Programar intervenção urgente.

Fonte: Mapri (2021).

2.8 Energia solar fotovoltaica

Uma das maiores fontes de energia da galáxia é o sol, sendo este responsável direto pela vida na terra em razão da imensa quantidade de energia que o mesmo fornece de forma gratuita e limpa. A energia solar fornece principalmente luz e calor à terra, suprindo as necessidades dos seres vivos e inúmeros processos orgânicos e reações químicas, como por exemplo a fotossíntese. Através disso, foi observado por Edmond Becquerel em 1839, que consiste no aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de um semicondutor, quando esse absorve a luz visível (SOUZA, 2016).

Ainda segundo Souza (2016), sistema fotovoltaico é uma tecnologia na qual as células fotovoltaicas transformam a Radiação Solar diretamente em energia elétrica, e que podem ser implantados em qualquer localidade que haja radiação solar suficiente. Sistemas fotovoltaicos não utilizam combustíveis, não possuem partes móveis, e por serem dispositivos de estado sólido, requerem menor manutenção. Durante o seu funcionamento não produzem ruído acústico ou eletromagnético, e tampouco emitem gases tóxicos ou outro tipo de poluição ambiental. A confiabilidade e flexibilidade dos sistemas fotovoltaicos remete a sua implementação em vários locais inóspitos como: espaço, desertos, selvas, regiões remotas, etc.

Figura 8 - Energia fotovoltaica residencial.

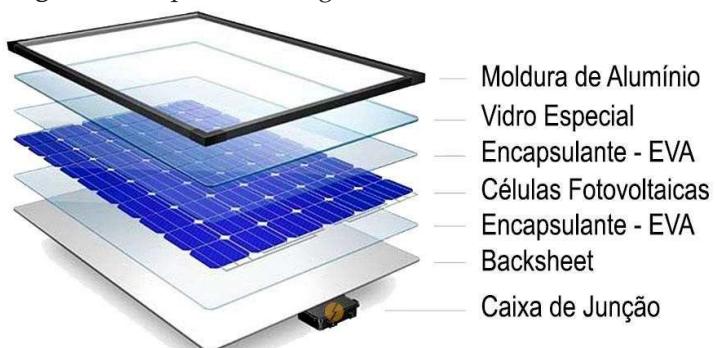


Fonte: Intelbras (2021).

2.9 Módulos fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos são fabricados por diversos tipos de materiais, mas nem todos oferecem as mesmas qualidades, os mesmos desempenhos. Os semicondutores mais apropriados à conversão da luz solar são os mais sensíveis, aqueles que geram o maior fator de potência para a luz visível, já que a maior parcela da energia fornecida pelos raios solares está dentro da faixa visível do espectro. Existe todo um processo para que o material semicondutor se transforme realmente em uma célula fotovoltaica (Figura 9). O que ocorre, de uma maneira geral, é que, o semicondutor deve passar por uma etapa de purificação e, e, seguida, por um processo de dopagem, através da introdução de impurezas, dosadas na quantidade certa. Os materiais mais utilizados na fabricação de células de painéis são: Silício (Si) Monocristalino, Silício (si) Policristalino, Filmes finos, Arseneto de Gálio (GaAs) (Fadigas, 2021).

Figura 9 - Etapa de montagem de um módulo fotovoltaico.



Fonte: Portal solar (2021).

2.10 Análise termográfica dos módulos fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos são equipamentos de alta tecnologia, tecnologia essa que foi desenvolvida e passada por vários tipos de testes e aprimoramentos, mas não está isenta de qualquer tipo de danos ou falhas. Estes equipamentos quando instalados, são passíveis de muitos fenômenos físicos da natureza, como as chuvas, baixas e altas temperaturas, essas ações do tempo são prejudiciais para o seu desempenho e vida útil. Por isso as inspeções, estudos do estado físico são importantes para o rendimento deste sistema. A análise termográfica dos módulos fotovoltaicos ajuda a identificar as circunstâncias de uma célula ou componentes através de imagens ou termogramas dos termovisores. Uma vez que os focos de calor ocasionam o deterioramento desses materiais, consequentemente acarreta em falhas do sistema e até mesmo acidentes. O termo hot-spot tem ganhado notoriedade na indústria devido ao fenômeno de falha que consiste no aquecimento generalizado da célula fotovoltaica ou apenas de uma porção da célula que fica sujeita a uma temperatura superior à das regiões vizinhas. Os pontos quentes ocorrem em módulos fotovoltaicos quando uma ou mais células associadas em série se encontram danificadas ou, na maior parte das vezes, sombreadas (Anjos, 2016).

Figura 3 - Termograma de módulos fotovoltaico.



Fonte: Keysight Technologies (2021).

Figura 11 - Aquecimento de conector MC4



Fonte: Lima (2021).

3 METODOLOGIA TERMOGRÁFICA

3.1 ITI – Instruções de trabalho – Inspeção termográfica

3.1.1 Equipamentos

- Termovisor Infravermelho
- Iluminação auxiliar - Lanterna portátil

Quadro 1 - Critérios de parada.

 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Condições climáticas; 2. Alarme geral da Planta; 3. Condições particulares e específicas de cada área; 4. EPIs danificados, prazo de validade expirado e/ou indisponíveis.
	<ul style="list-style-type: none"> • Capacete; • Óculos 1024 com lente escura proteção UV caso a lente do Capuz seja clara; • Calça e camisa manga longa de algodão, Nível 2; • Luvas de segurança isolante de borracha (801.289.853) com luva de cobertura de couro (8012.898.70); • Capa sobre-por, 3/4" em algodão antichama; • Macacão retardante de chama nível 4; • Capuz de proteção retardante de chama (Evanhoé).
	<ul style="list-style-type: none"> • Choques elétricos; • Queimaduras por arcos elétricos; • Queda do mesmo nível ou nível diferente.
 Medidas Prevencionistas	<ul style="list-style-type: none"> • Este trabalho somente será realizado após análise termográfica dos CCMs, SEs e ou alimentadores, enquanto ainda com portas fechadas e travadas; • O trabalho somente será realizado com conhecimento da área envolvida; • Uso obrigatório para profissionais envolvidos e expostos: macacão e capuz retardante de chama (nível 4), luva isolante com cobertura luva de couro (nível 4) para manobra da chave, abertura, retirada ou instalação de gavetas em cubículos. As luvas de borracha devem ser testadas ante do uso.

Fonte: Lima (2021).

EPI's:

- Protetor Auricular;
- Luvas de segurança isolante de borracha (801.289.853) com luva de cobertura de couro (8012.898.70);
- Óculos de segurança;
- Óculos amplavisão modelo Uvex para Refinaria;
- Protetor Facial em policarbonato sem partes metálicas;
- Capa sobre-por, 3/4" em algodão antichamas;
- Balaclava Evanhoé em algodão antichamas ou macacão e capuz retar-

dante de chama (nível 4), luva isolante com cobertura luva de couro (nível 4);

- Calça e camisa 100% algodão para Refinaria e PR 97 para Refusão;
- Capacete em material isolante;
- Botina de Segurança com solado para riscos elétricos.

3.1.2 Riscos de segurança

- Choque elétrico;
- Queimaduras;
- Quedas de mesmo nível.

3.1.3 Medidas prevencionistas

- Uso de vestimentas em algodão antichamas;
- Uso de demais EPIs específicos das áreas;
- Cumprimento das normas mandatórias 32.67, 32.60 e 32.70;
- Cumprimento de NR 10;
- Cumprimento Norma ISO 18.436-8.

3.2 Detalhamento

3.2.1 Responsáveis

Técnico qualificado e habilitado com especialização em termografias para áreas em eletricidade, mecânica, equipamentos sob isolamentos térmicos e revestimentos refratários.

No que tange preparação:

1. Em primeiro lugar, fazer um levantamento completo da tarefa a ser executada;
2. Verificar existência de pendências em relatórios da Preditiva;
3. Verificar se o equipamento estará disponível em funcionamento na data planejada;
4. Procure se informar sobre os riscos da área e demais perigos que possam existir;
5. Esteja atento para situações atípicas ou totalmente inesperadas. Busque sempre apoio de pessoas mais experientes;

6. Para esta tarefa (disciplina elétrica) é exigida a qualificação dos executantes conforme as normas NR10 e 3260, e a observância de todas as regras por elas estabelecidas.

3.3 Recomendações gerais

- Aparelhos de medições: Devemos tomar cuidado quando fizermos a parametrização das variáveis envolvidas: seleção de Emissividade; Distância do Alvo, Temperatura Refletida, Temperatura Atmosférica, Humidade Relativa, Óptica Externa;
- Identificação de tensão: devemos estar atentos aos valores de tensões envolvidas aos equipamentos em inspeção (força, controle, etc.);
- Na abertura de painéis e MCCs tomar cuidado com riscos na presença de animais peçonhentos, excesso de umidade (<70%), peças metálicas soltas, equipamentos e ou alimentadores sob suspeita de falhas;
- Fechamento das portas dos painéis: todo painel aberto deve ser corretamente fechado, com todos os parafusos e ou trancas existentes. Esta precaução é para evitar maiores consequências em uma possível explosão interna ou entrada de pequenos animais.

3.4 Execução

- A execução da termografia em ambientes externos, pátios e Subestações Alta Tensão também exigem utilização de EPIs apropriados às áreas, conforme Mapa de Risco Local
- Durante execução da termografia em cubículos abertos, é proibida a aproximação de pessoas que não estejam portando os EPIs necessários.
- O sistema elétrico é composto por alimentadores A.T., transformadores A.T./B.T., cubículos A.T. com chaves seccionadoras, fusíveis e por M.C.C.s com gavetas onde estão os dispositivos de força e controle de cada equipamento.

Os alimentadores são geralmente via rede aérea, ao ar livre, sendo a inspeção termográfica realizada a longa distância com o uso do termovisor Flir modelo P-65 ou similar, e termômetro Cyclops Tele. Estes instrumentos devem ser usados para distâncias superiores a três metros. A tabela de emissividade deve ser consultada para calibração do aparelho. Quando iniciar o trabalho de termografia deve-se con-

siderar a velocidade e direção do vento, a umidade relativa do ar, o percentual de carga do circuito e a temperatura ambiente no local dos componentes elétricos.

Quando os trabalhos de termografia são executados em cubículos fechados, é necessário a abertura das portas para se ter acesso (via instrumento) aos pontos a serem medidos e monitorados.

3.5 Método de manutenção

Então, deve-se proceder com a definição de um horário para a execução da manutenção do equipamento, de forma que não haja interrupções das atividades. Antes da execução dessa atividade, é importante se certifique de que disponha de todas as ferramentas e materiais necessários para o serviço, a fim de evitar imprevistos. O executante deverá estar devidamente equipado, utilizando todos os Equipamentos de Proteção Individual (EPI's).

Se for algum trabalho em altura, por exemplo, esteja com a certeza de que o cinto de segurança está funcionando corretamente. Designe somente profissionais qualificados para realizar este serviço! Além disso, certifique-se de que haja o acompanhamento de algum vigia durante a atividade, dessa forma, garantindo segurança ao serviço e aos profissionais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A termografia é uma técnica que permite mapear corpos para localizar diferenças de temperaturas. É uma tecnologia de grande potencial na verificação de possíveis defeitos em sistema elétricos, especialmente os fotovoltaicos. Os resultados das pesquisas realizadas apontaram que os termógrafos apesar de possuírem um alto custo de investimento, as manutenções preditivas com o uso dos mesmos podem evitar custos ainda superiores em manutenções corretivas. Além de que nas manutenções corretivas, o uso dos termógrafos diminuem consideravelmente a detecção das falhas e o tempo das inspeções.

REFERÊNCIAS

ABNT. Disponível em: <www.abnt.org.br>. Acesso em: 25 de outubro de 2021.

ANJOS, S, R. **Análise e simulação de pontos quentes em painéis fotovoltaicos**. Dissertação para obtenção do grau de mestre em engenharia eletrotécnica – ramo de energia. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa Área Departamental de Engenharia Eletrotécnica Energia e Automação. Lisboa, 2016.

ASNT SNT-TC-1. Disponível em: <<http://www.asntqualificacoes.com.br/>>. Acesso em: 25 de outubro de 2021.

BLOG INTELBRAS. Disponível em: <https://blog.intelbras.com.br/como-funciona-a-energia-solar-em-residencias/>. Acesso em: 05 de abril de 2021.

BLOG SOLAR PRIME. Disponível em: blog.solarprime.com.br/empresa-adequa-dapara-sistema-de-energia-solar/attachment/2/. Acesso em: 05 de abril de 2021.

BRIOSCHI, L, M. A história da termografia. Disponível em: <http://www.llia.if.sc.usp.br/art/ahistoriadatermografia>. Acesso em: 04 de abril de 2021.

Câmeras de Imagem Térmica. Disponível em: <https://br.omega.com/prodinfo/termovisores.html>. Acesso em: 06 de abril de 2021.

DR DONOSO, P, José. **Transferência de calor por radiação**, Universidade de São Paulo Instituto de Física de São Carlos – IFSC, 2021.

ECORI ENERGIA SOLAR. Disponível em: <www.ecorienergiasolar.com.br/artigo/conheca-os-riscos-e-as-solucoes-deseguranca-em-sistemas-fotovoltaicos>. Acesso em: 05 de abril de 2021.

FADIGAS E, A, F, Amaral, **Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos, Conversão e Viabilidade técnico-econômica**. Grupo de Energia Escola Politécnica Universidade de São Paulo, GEPEA, São Paulo.

IFELL. Disponível em: www.ifell.com.br/termografia/. Acesso em: 05 de abril de 2021 ISAR. Disponível em: <www.isar.com.br/blog/isolamento-termico/termografia-5-razoespara-contratar-analise-termografica/>. Acesso em: 05 de abril de 2021.

JÚNIOR, Joab Silas da Silva. “O que é infravermelho?”, Brasil Escola. Disponível em: <[https://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-infravermelho.htm](http://brasilescola.uol.com.br/o-que-e/fisica/o-que-e-infravermelho.htm)>. Acesso em 07 de junho de 2021.

KEYSIGHT TECHNOLOGIES. Disponível em: <<http://handheldtesttools.blogs.keysight.com/2015/03/pv-array-solar-panelthermography.html>>. Acesso em: 05 de abril de 2021.

MMtec. Disponível em: <www.mmtec.com.br/analise-termografica-e-sua-importancia-na-vida-util-das-maquinas/>. Acesso em: 25 de outubro de 2021.

MONTEIRO, S, B; FERNANDES, F, M; SILVA, V, A; LEITE, M, H, L. Inspeção em Subestações **Utilizando a Termografia**. Universidade de São Paulo Instituto de Física de São Carlos – IFSC, 2021.

PETER, H, Furian, Shutterstock.com. <[https://www.shutterstock.com/pt/image-vector/electromagnetic-spectrum-144068875](http://www.shutterstock.com/pt/image-vector/electromagnetic-spectrum-144068875)>. Acesso em 03 de junho de 2021.

PORTAL SOLAR, disponível em: <www.portalsolar.com.br/passo-a-passo-dafabricacao-do-painel-solar.html>. Acesso em 03 de junho de 2021.

SANTOS, L. dos. **Termografia infravermelha em subestações de alta tensão desabrigadas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá; Itajubá, MG, 2006.

SILVA, Z, Isis. **Aplicação da termografia na manutenção de instalações elétricas industriais.** Universidade do Rio de Janeiro; Rio de Janeiro, RJ, 2016.

SOUZA, R, G; NOBRE, C, I; ROSSI, M; Inspeções de instalações elétricas. Ensaios termográficos Cap VII. Disponível em: <<https://www.osetoreletrico.com.br/capitulo-vi-ensaios-termograficos/>>. Acesso em: 01 de abril de 2021.

SOUZA, Ronilson. Os sistemas de energia solar fotovoltaica. Livro digital de Introdução aos sistemas solares. Disponível em: <https://bluesol.com.br/curso-de-energia-solar/> Acesso em: 31 de março de 2021.

TODA MATÉRIA. Disponível em: <www.todamateria.com.br/propagacao-de-calor/>. Acesso em: 05 de abril de 2021.

CAPÍTULO 12

ANÁLISE COMPARATIVA DO DIMENSIONAMENTO DE LAJES MACIÇAS PELO MÉTODO MANUAL E COM USO DE SOFTWARE¹

*COMPARATIVE ANALYSIS OF MASS SLABS SIZING BY
MANUAL AND SOFTWARE-USING METHOD*

Claudiele Rodrigues Martins
Israel Lemos Fernandes

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.12

¹ Texto revisado por Prof. Mauro de Matos Esmeraldino

ABSTRACT

The present article makes a comparative analysis regarding the dimensioning of massive slabs, using tables of Bars, Marcus and the CYPEcad structural calculation software. The flexural moment obtained in all methods used, in which all presented satisfactory results, with the Tables of Bars found a certain limitation in the distribution of efforts, with the Marcus tables one arrives at results close to that of cYPEcad. The reinforcement presents satisfactory results in all dimensions made, with emphasis on the consumption of larger steel with the use of CYPEcad, it is possible to scale safely using traditional methods with specific tables or software, with the use of CYPEcad can obtain greater agility and precision in sizing, allowing to develop structural projects safely and agility.

Keywords: Massive slab. Analyze. Software. CYPEcad.

1 INTRODUÇÃO

As lajes ou placas são elementos planos de uma estrutura, podem ser horizontais ou inclinadas. Conforme a necessidade de projeto, diferentes modelos de lajes são empregadas, para vencer vãos e carregamentos cada vez maiores. Segundo Bastos (2015), as lajes maciças são compostas de uma espessura de concreto em toda sua extensão, em que contém armaduras longitudinais de flexão e quando preciso armaduras transversais, podendo ser apoiadas em vigas ou paredes, ao longo de sua extensão.

As lajes maciças são elementos preenchidos por concreto em todo seu corpo. Isto permite grande rigidez e capacidade de suporte de cargas, sendo largamente usadas em diversos tipos de edificações, devido a sua fácil execução, sendo preferidas em muitas situações, mesmo diante modelos que permitem maior economia de concreto. Para atribuir maior economia e eficiência à laje maciça é interessante realizar seu dimensionamento com softwares de cálculo estrutural.

O cálculo com o uso do CYPEcad ou outros softwares permite considerar maior quantidade de variáveis, gerando resultados precisos, proporcionando maior economia e segurança. Ao utilizarmos essas tecnologias, podemos obter uma solução estrutural economicamente viável ao maior número de edificações, dos mais variados portes, possibilitando aliar segurança e sustentabilidade às estruturas.

O profissional que utiliza software na confecção de projetos estruturais consegue agregar maior valor econômico aos seus projetos. Desta maneira conquista a credibilidade e confiança dos seus clientes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As lajes são elementos estruturais que têm a função de receber e transmitir cargas de utilização, aplicadas nos pisos e transmitem-las às vigas. (ARAÚJO, 2014). As lajes ou “placas” são compostas por direções maiores (I_x, I_y). Seu formato é superficial, sua espessura (h) é relativamente pequena, quando comparada às dimensões (I_x, I_y). Seus esforços são concentrados principalmente perpendiculares ao plano.

2.1 Laje maciça

Lajes maciças são aquelas que toda a espessura é composta por concreto, contendo armaduras longitudinais de flexão, e eventualmente armaduras transversais, apoiadas em vigas ou paredes ao longo das bordas. Lajes com bordas livres são casos particulares das lajes apoiadas nas bordas. As lajes lisas e as lajes *cogumelo*, como definidas na apostila “Fundamentos do Concreto Armado” (BASTOS, 2006), são também lajes maciças de concreto. Nestas lajes, no entanto as cargas e outras ações são transferidas diretamente aos pilares, sem intermédio de apoios nas bordas.

Atualmente o uso de lajes maciças vem sendo reduzido, devido a questões econômicas, porque elas devem ser totalmente preenchidas por concreto, implicando em maior consumo do material. Por esse motivo, em pequenas residências e prédios é comum ver a utilização de placas maciças, em casos bem específicos, como superfícies circulares, grandes carregamentos, situações em que se precisa de maior rigidez, ou situações em que é preciso reduzir efeitos de segunda ordem. As lajes devem seguir os padrões vigentes em cada país onde são colocadas. No Brasil devem seguir as recomendações técnicas da NBR 6118/ 2014, que dispõe todas as especificações mínimas a serem atendidas no dimensionamento de elementos de concreto.

Todos coeficientes de ponderações usadas no cálculo, dimensões mínimas, armadura mínima, verificações de estado limite último (ELU) e estado limite de utilização (ELS), e todas outras considerações podem ser obtidas na respectiva NBR.

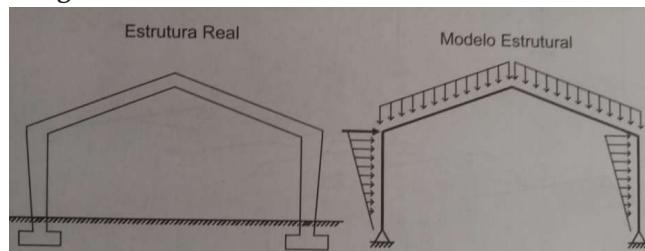
As lajes possuem particularidades de acordo suas características, de tal modo que, para cada laje podemos ter considerações diferentes, a depender do profissional que a concebeu. Sendo assim, faz-se necessário a definição do modelo estrutural, por parte do engenheiro, pois este irá colocar as características reais em um modelo matemático, em que deverão ser representadas fielmente todas as particularidades da estrutura. Após definir estas peculiaridades da estrutura de concreto armado,

pode então, determinar o projeto estrutural, que deve ser seguro, executável e econômico, como descreve Martha (2010, p.01):

O projeto estrutural tem como objetivo a concepção de uma estrutura que atenda a todas as necessidades para as quais ela será construída, satisfazendo questões de segurança, condições de utilização, condições econômicas, estética, questões ambientais, condições construtivas e restrições legais. O resultado final do projeto estrutural é a especificação de uma estrutura de forma completa, isto é, abrangendo todos os seus aspectos gerais, tais como locação, e todos os detalhes necessários para a sua construção.

O projeto estrutural é o produto final da análise detalhada de uma estrutura, que deve ser fielmente representada em um modelo estrutural. Na figura 1 observa-se o modelo matemático de uma estrutura real.

Figura 1 - Modelo estrutural de uma estrutura real

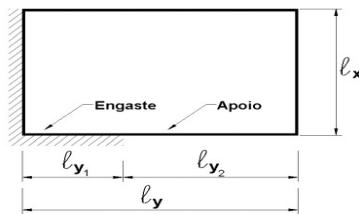


Fonte: Martha, 2010.

Na figura 1 é possível identificar que todas as considerações de engaste, carga dinâmica do vento, sobrecarga e todas considerações foram definidas pelo projetista. Isso, pelo motivo de ser o engenheiro responsável, que irá analisar e definir as solicitações as quais estará sujeita a estrutura no mundo real, sendo umas das etapas mais importantes de qualquer projeto estrutural.

As vinculações das lajes maciças devem ser minuciosamente pensadas na concepção estrutural. Em lajes maciças o ideal é utilizar o maior número de engastes possível entre lajes, pois isso proporciona a redução da espessura (h), permitindo redução do volume do concreto e consequente diminuição do peso próprio da laje, aliviando as tensões.

Figura 2 - Condições de apoio de borda da laje maciça



Fonte: Departamento de Engenharia de Estruturas USP (2003)

Nas lajes maciças temos um caso especial, a borda livre. Segundo Pinheiro; Muzardo; Santos (2003), a borda livre é caracterizada pela ausência de apoio, encontrando-se esta em balanço, em uma ou mais extremidades, ocorrendo a presença de momentos negativos, o qual deve ser combatido pela armadura. Nesta obra foi propositalmente inserida uma laje em balanço, para melhor compreensão desta condição, em que a armadura principal será negativa.

As vinculações são as capacidades de suporte de cada apoio, sua capacidade de restringir movimentos da laje, considerando que a laje é calculada de maneira semelhante a uma viga de concreto armado, em que se considera uma largura ($x=1m$), temos uma seção retangular, cuja dimensão (x, y) é maior que a altura (z), devido à pouca altura a laje tem sua inércia prejudicada. Na figura 3 temos as vinculações mais usuais em lajes comuns. Existem ainda outros tipos de vinculação, que podem ser encontradas em Pinheiro (1993).

Figura 3 - Vinculações de lajes maciças

Caso	Vinculação	Caso	Vinculação	Caso	Vinculação
1		2A		2B	
Quatro bordas simplesmente apoiadas		Uma borda menor engastada		Uma borda maior engastada	
3		4A		4B	
Duas bordas adjacentes engastadas		Duas bordas menores engastadas		Duas bordas maiores engastadas	
5A		5B		6	
Uma borda maior apoiada		Uma borda menor apoiada		Quatro bordas engastadas	

Fonte: Departamento de Engenharia de Estruturas USP (2003)

Em todo processo de cálculo é importante verificar sempre a NBR 6118-2014, visto que ela é norma que padroniza todas as considerações necessárias no cálculo de estruturas de concreto armados. O não atendimento das recomendações pode ocasionar em estruturas subdimensionadas, redução da vida útil da estrutura, ou

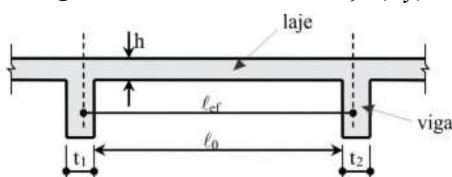
em alguns casos podem até levar ao colapso da edificação, colocando em risco a vida útil da estrutura e seus usuários.

Os vãos efetivos são os primeiros passos para dimensionar lajes maciças, o vão efetivo pode ser obtido a partir da equação 1:

$$lef = l_0 + a_1 + a_2 \quad (01)$$

Na equação 1 temos a1 igual ao menor valor entre ($t_1/2$ e $0,3h$) e a2 igual ao menor valor entre ($t_2/2$ e $0,3h$), na figura 2 pode se visualizar estas condições.

Figura 4 - Vão efetivo da laje (lef)



Fonte: Google, (2021)

Na figura acima, T1 representa a viga 1, T2 a viga 2, L0 vão livre e Lef representa o vão efetivo, que será usado nos cálculos.

2.2 Estado limite último (ELU) e estado limite de serviço (ELS)

A NBR 6118 (2014, p.55) define estados-limites de serviço como aqueles “relacionados ao conforto do usuário e à durabilidade, aparência e boa utilização das estruturas, seja em relação aos usuários, seja em relação às máquinas e aos equipamentos suportados pelas estruturas.”

Com este conceito podemos dizer que estado limite de serviço (ELS) é a condição em que o carregamento aplicado está no limite de sua utilização da estrutura, assim qualquer carregamento acrescentado acarretará em problemas. As definições de ELS consideradas podem ser encontrados dos itens 3.2.2 a 3.2.8 da NBR 6118-2014.

Após determinar os possíveis ELS ao qual estará sujeita a estrutura, faz-se necessário conhecer os conceitos de ações permanentes e variáveis, pois com esse entendimento é possível realizar as ponderações necessárias para a segurança da estrutura. Ações variáveis (Fqk), conforme a NBR 6118 (2014), há um consenso entre as normas brasileiras, que estes valores têm entre 25% e 35% de probabilidade de serem ultrapassados no sentido desfavorável, durante um período de 50 anos, fazendo com que o valor característico (Fqk) seja um valor com período de retorno

médio entre 174 e 177 anos. Ações variáveis são a carga de utilização, carregamento do vento etc.

Para determinarmos os carregamentos de utilização e peso próprio consultamos a NBR 6120/ 2019 - Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Para obter as ações devido ao vento é preciso consultar a NBR 6123/1988 - Forças devidas ao vento em edificações, esta encontra-se em processo de revisão em 2021. É importante ressaltar que as ações variáveis se dividem em diretas e indiretas, conforme NBR 6118.

No quadro 1 apresenta-se os coeficientes para γf_2 , que serão usados para combinar ações de carregamentos, para carregamentos permanentes e variáveis.

Quadro 1 - Valores para γf_2

Ações	γf_2			
	ψ_0	ψ_1 (a)	ψ_2	
Cargas acidentais de edifícios	Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos, que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas (b)	0.5	0.4	0.3
	Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevada concentração de pessoas (c)	0.7	0.6	0.4
	Biblioteca, arquivos, oficinas e garagens	0.8	0.7	0.6
Vento	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0.6	0.3	0
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0.6	0.5	0.3
a) Para os valores de ψ_1 relativos às pontes e principalmente para os problemas de fadiga, ver Seção 23. b) Edifícios residenciais c) Edifícios comerciais, de escritórios, estações e edifícios públicos				

Fonte: Tabela 11.2, NBR 6118 (2014)

Onde γf_2 tem valor variável conforme a verificação que se deseja fazer:

$\gamma f_2 = 1$ para combinações raras;

$\gamma f_2 = \psi_1$ para combinações frequentes;

$\gamma f_2 = \psi_2$ para combinações quase permanentes.

Conforme observado no quadro anterior o coeficiente γf_2 é variável. O coeficiente γf_2 apresentado aqui também é usado no estado limite último (ELU).

Para calcular as solicitações de ELS e ELU faz-se necessário o uso dos coeficientes apresentados no quadro 2, o qual se usa para majorar carregamentos da carga permanente (F_{gk}) e da carga variável (F_{qk}).

Quadro 2 - Coeficiente $\gamma_f = \gamma_{f1} \cdot \gamma_{f3}$

Combinações de ações	Ações							
	Permanentes (g)		Variáveis (q)		Protensão (p)		Recalques de apoio e retração	
	D	F	G	T	D	F	1.2	0
Normais	1.4 (a)	1.0	1.4	1.2	1.2	0.9	1.2	0
Especiais ou de construção	1.3	1.0	1.2	1.0	1.2	0.9	1.2	0
Excepcionais	1.2	1.0	1.0	0	1.2	0.9	0	0

Onde:
D é desfavorável, F é favorável, G representa as cargas variáveis em geral e T é a temperatura.

(a). Para as cargas permanentes de pequena variabilidade, como o peso próprio das estruturas, especialmente as pré-moldadas, esse coeficiente pode ser reduzido para 1,3.

Fonte: Tabela 11.1, NBR 6118

As combinações usuais para obtenção do ELS devem ser consultadas na tabela 11.4 da NBR 6118, associadas com os coeficientes da tabela 1 e 2. Após realizar as combinações, tem-se os esforços máximos ao qual estará sujeita a estrutura, sem que isso cause danos. Para isso deve-se dimensionar elementos que suportem as ações solicitantes, considerando todos os coeficientes de ajustes.

Os estados-limites últimos determinam o limite máximo que a estrutura é capaz de suportar. Caso ultrapasse este limite a estrutura ocorre risco de sérios danos, redistribuição dos esforços, perda de sua função ou até mesmo colapso parcial ou total. A NBR 6118/2014 considera a necessidade de verificar a relação entre os seguintes estados-limites últimos descritos nos itens *a, b, c, d, e, f, g* e *h* na seção 10.4 da NBR 6118.

A verificação do ELU é necessária para garantir a segurança da estrutura. É importante a necessidade do coeficiente de ajuste para elementos como Pilar, pilar-parede e lajes com menor dimensão ≥ 19 cm. Para verificar a aplicação deste coeficiente e seu valor, deve-se verificar as tabelas 13.1 e 13.2 da NBR 6118. Para obter os valores dos estados-limites últimos usamos a seguinte fórmula expressa na equação 2 a seguir:

$$\gamma_f = \gamma_{f1} * \gamma_{f2} * \gamma_{f3} \quad (02)$$

Onde **γ_f** = coeficiente de ponderação de ponderação, $\gamma_f = \gamma_{f1} * \gamma_{f3}$.

$\gamma_{f1} = \gamma_{f1}$ – Parte do coeficiente de ponderação das ações γ_f , que considera a variabilidade das ações.

γf_2 – Parte do coeficiente de ponderação das ações γf , que considera a simultaneidade de atuação das ações.

γf_3 – Parte do coeficiente de ponderação das ações γf , considera os desvios gerados nas construções e as aproximações feitas em projeto do ponto de vista das solicitações.

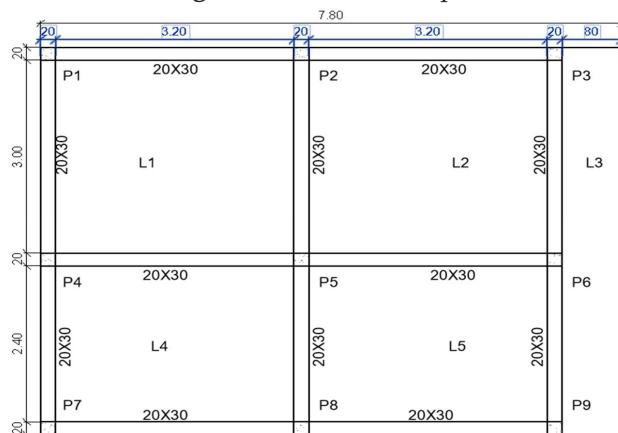
3 METODOLOGIA

Para apresentar o dimensionamento da estrutura segue-se todas as recomendações na NBR 6118-2014. As lajes aqui apresentadas são fictícias, de autoria própria, serão consideradas como residencial, seguindo todas recomendações e configurações das NBRS.

3.1 Apresentação da estrutura e dados iniciais

A estrutura a ser dimensionada nesta obra será um pavimento tipo, de uma edificação com vocação residencial, com arquitetura simplificada, visto que o objetivo desta obra é dimensionar, quantificar e verificar a economia promovida com o uso do software de cálculo estrutural CYPEcad. Para que se possa compreender o comportamento da laje é necessário calcular a relação (L_y/L_x), o que nos dá o valor λ , caso ele seja maior que 2, teremos uma laje unidirecional, que será o caso da laje L3, na figura 5. Caso λ seja menor que 2 teremos armadura bidirecional, permitindo a utilização de tabelas no seu dimensionamento. Na figura 5 é possível observar as lajes a serem estudadas.

Figura 5 - Pavimento tipo

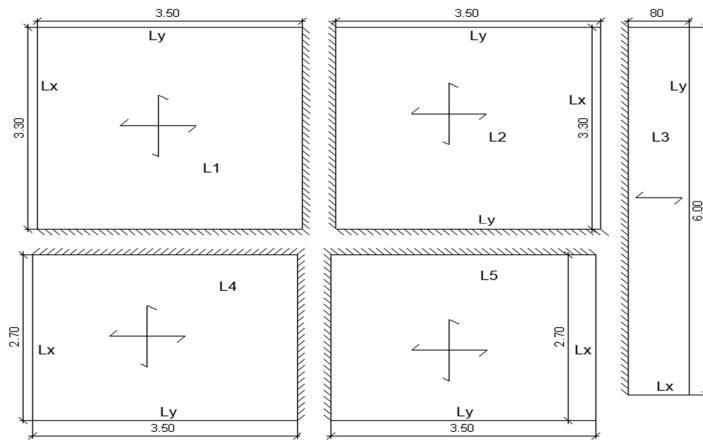


Fonte: Autores, 2021.

A planta baixa do pavimento tipo, apresentada na figura 5, deve ser submetida à verificação das condições de vãos, a fim de definir o vão efetivo, conforme

a equação 1. Com os vãos efetivos definidos conforme a figura 6, podemos então encontrar o valor de λ , e definir quais lajes serão armadas em duas direções.

Figura 6 - Vinculação das lajes e disposição das armaduras



Fonte: Autores, 2021.

Na figura 6 podemos verificar os vãos livres, as vinculações das lajes conforme definidos na figura 2. Podemos observar que nossas lajes têm vinculação conforme tipo 3, o que pode ser constatado na figura 3, onde os tipos de vinculações, sendo que estes serão usados para cálculo por tabelas. Nesta obra usaremos tabelas de Bares e Marcus.

3.2 Pré-dimensionamento

A NBR 6118/2014 não especifica critérios para o pré-dimensionamento das lajes, porém é comum entre os profissionais estimar a altura útil (d) em centímetros, para lajes retangulares com bordas apoiadas ou engastadas, a partir da equação 3.

$$d = \frac{(2,5 - 0,1 n) l}{100} \quad (03)$$

Onde: l é o menor valor entre lx e $0,7 ly$.

n é o número de bordas engastadas.

Nesta obra usaremos uma tolerância para cobrimento mínimo $\Delta = 10\text{mm}$, deve se consultar a tabela 7.2 da NBR 6118/2014. As lajes em balanço podem ser pré-dimensionadas conforme a equação 4, de acordo com o critério da NBR 6118, 1978.

$$d' est = \frac{lx}{\psi_2 \psi_3} \quad (04)$$

Sendo; lx = menor vão

Ψ_2 e Ψ_3 podem ser encontrados nas tabelas de Pinheiro (1993). Os resultados do pré-dimensionamento são apresentados no quadro 3.

Quadro 3 - Pré-dimensionamento

	L1	L2	L4	L5
Lx (cm)	330.00	330.00	270.00	270.00
Ly (cm)	350.00	350.00	350.00	350.00
0.7 Ly	245.00	245.00	245.00	245.00
L (cm)	330.00	330.00	270.00	270.00
n (engastes)	2.00	2.00	2.00	2.00
h estimada (cm)	10.09	10.09	8.71	8.71
h adotada (cm)	10.00	10.00	10.00	10.00

Fonte: Autores, 2021.

3.3 Carregamentos

O carregamento aqui adotado tem como base a NBR 6120/2019, que define todos os pesos específicos que devemos considerar. A norma citada define o peso específico aparente do concreto armado é 25 kN/m³, logo obtemos 2,5kN/m². Considerou-se um forro de gesso em placas, que a NBR 6120 considera 0,25kN/m², já incluso a estrutura de suporte.

Para o revestimento de edifícios residenciais e comerciais com espessura de até 5cm de revestimento usamos 1kN/m². As lajes L1, L2, L4 e L5 não consideramos o carregamento oriundos de paredes, pois todas estão situadas sobre as vigas e sua carga é transmitida linearmente às vigas.

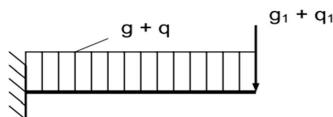
Por isso não será necessário considerar no cálculo manual, porém no software lançaremos o carregamento referente a uma parede com blocos cerâmicos vazados de 9cm de largura, e 1cm de revestimento em cada face, 1,5kN/m². O pé direito (altura entre o piso acabado e a parte inferior da laje superior) no estudo de caso é 2,8m. Desta forma obtemos 4,2kN/m, que será lançado no software sobre as vigas. Na laje em balanço consideramos a mesma parede como guarda-corpo, a qual terá 1,2m de altura. Assim obtemos 1,8kN/m linear de guarda-corpo.

Neste estudo consideramos 1,5 kn/m² para carga de utilização, conforme NBR 6120, para todas as lajes da edificação. As lajes L1, L2, L4 e L5 terão carregamento de 2,75Kn/m² para peso próprio. Sendo assim, L1, L2, L4 e L5 terão carregamento de 4,25 kN/m² ao total, já a laje L3 terá 6,05kN/m², sendo considerado carregamento de peso próprio + utilização.

No caso da laje L3 devido ao seu valor possuir seu λ maior que 2, não podemos usar os valores tabelados, portanto, L4 deve ser calculado como uma viga de 1m, de largura. Desta maneira obtemos os momentos necessários para dimensionar

a armadura principal, restando apenas dimensionar a armadura de distribuição. A soma dos esforços na seção da viga é de $4,25 \text{ kN/m}^2$, a qual temos ainda uma carga concentrada de $1,8 \text{ kN}$, na sua extremidade. Na figura 7 podemos visualizar melhor.

Figura 7 - Esquema laje L3.



Fonte: Departamento de Engenharia de Estruturas USP, 2003.

Podemos então calcular as reações de apoio, para esforço em y , considerando a isostática da estrutura, obtendo uma reação no apoio A de $5,2\text{kN/m}$.

Em seguida calculamos o momento fletor, através da equação 5:

$$m = \frac{pl^2}{2} + p1 * l \quad (05)$$

Neste caso p é o carregamento distribuído, e $p1$ é a carga concentrada, como estaremos seguindo da esquerda para direita, obteremos momento negativo, devendo a ter apenas um apoio de 3° gênero, aplicando a equação 5, temos um momento de; $-4,16\text{kN/m}$ no apoio A.

3.3 Métodos de dimensionamento

Segundo Araújo (2008), dimensionar lajes de concreto armado é uma das atividades com maior complexidade dentro do projeto estrutural de uma edificação. Essa dificuldade justifica-se em razão das várias peculiaridades das lajes maciças, sua ligação com vigas, condições de engaste e distribuição dos esforços, no sentido sempre menor vão ou em função da maior rigidez. Essa característica torna o dimensionamento manual de lajes complexo.

Em razão desta complexidade, é comum a utilização de tabelas para o dimensionamento destas lajes, nelas são encontradas um fator em comum, o valor de λ . Para Araújo (2008), os métodos são utilizados desde a origem do termo projeto estrutural, sendo testadas e comprovadas seguras a partir de estruturas construídas, que se mantêm estáveis e com bom desempenho ao longo de toda a vida útil.

O dimensionamento por meio destas tabelas possui algumas limitações, devendo usar aproximações e não considerar algumas interações entre a laje e a viga. Para esta pesquisa serão utilizados o método de Bares, Marcus e o dimensionamento com o uso do software CYPECAD, com a finalidade de comparar resultados apresentados.

O primeiro método de dimensionamento usado será as tabelas de Bares 1972, que foi adaptada por Pinheiro (1993), podendo ainda pode ser encontrada em outras fontes. Trata-se de um método de dimensionamento baseado nas relações de engaste, e no valor de λ , que permite encontrar um coeficiente usado na definição das reações de apoio e momentos. Este método ainda é usado e possui resultados satisfatórios.

O método de Marcus é um método elástico misto, que disponibiliza resultado eficiente para momentos, atuando dentro do ELS (estado limite de serviço), pre-vendo seis possibilidades de apoio. O Cypecad é um software de cálculo capaz de considerar todas as relações existentes entre vigas e lajes, sendo que utiliza o método dos elementos finitos em seus procedimentos de cálculos, segundo a Multiplus Softwares Técnicos, que é o seu distribuidor oficial no Brasil.

Os resultados obtidos serão apresentados na seção 4. São usados altura útil (d) =7,5cm, sendo esta a altura correspondente do centro da barra até a face superior da laje, o coeficiente de minoração da resistência característica do concreto $\gamma_c = 1,4$, para o coeficiente de minoração da resistência a tração do aço $\gamma_s = 1,15$, consideramos o aço CA-50. O diâmetro máximo da armadura, conforme NBR 6118-2014, no item 20.1 prevê que o diâmetro máximo da armadura de flexão não deve exceder a $h/8$. O espaçamento máximo desta armadura deve ser 2h ou 20cm prevalecendo o menor, e $f_{ck} = 25$ Megapascal.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aqui se apresenta os resultados obtidos a partir do dimensionamento. No quadro 4 estão os momentos máximos obtidos pelos métodos de Bares e de Marcus.

Quadro 4 - Momentos em Knm/m, pelos métodos de Bares e de Marcus

Método de Bares knm/m					Método de Marcus knm/m				
	L1	L2	L4	L5		L1	L2	L4	L5
M _x	1.68	1.68	1.55	1.55	M _x	1.72	1.72	1.58	1.58
M' _x	-4.25	-4.25	-3.59	-3.59	M' _x	-3.99	-3.99	-3.54	-3.54
M _y	1.53	1.53	0.96	0.96	M _y	2.09	2.09	0.94	0.94
M' _y	-4.10	-4.10	-2.99	-2.99	M' _y	-3.55	-3.55	-2.10	-2.10

Fonte: Autores, 2021.

Como se observa no quadro 4, ao calcular os momentos usando métodos manuais, existem algumas interações, que não conseguimos obter com o uso dessas técnicas. No quadro 5, são apresentados os momentos obtidos com Cypecad.

Quadro 5 - Momentos em Knm/m, obtidos com o CYPECAD

Momentos knm/m				
Laje	Dir.	Esq.	Centro	Dir.
L1	X	0.56	2.14	2.92
	Y	2.69	2.2	0.58
L2	X	2.88	1.45	3.3
	Y	1.97	1.69	0.4
L3	X	3.77	-0.75	-----
	Y	-----	1.51	-----
L4	X	0.41	1.66	2.45
	Y	0.43	1.51	2.62
L5	X	2.45	1.27	3.3
	Y	0.33	0.99	1.91

Fonte: Autores, (2021).

Com os momentos obtidos, é possível obter a taxa de armadura para cada esforço solicitado. Este processo é realizado conforme a NBR 6118, não variando o processo, mesmo utilizando software ou métodos manuais. Na prática a armadura é determinada pelo momento. A partir do momento fletor obtido para cada seção da laje, conforme os quadros 4 e 5, realizou-se o dimensionamento das armaduras, que são apresentados.

As armaduras que deram positivas ficaram todas abaixo da armadura mínima, que deve ser determinada conforme seção 17.3.5.2.1 da NBR 6118, estabelecida para cada laje. No estudo obteve uma área de aço $As_{min}=0,78\text{cm}^2/\text{m}$, que por escolha do autor e seguindo critérios estabelecidos pela NBR 6118, adotou barras de 5,0mm, com espaçamento de 20cm ($\phi 5.0 \text{ c/20}$), totalizando $1\text{cm}^2/\text{m}$, atendendo à solicitação. Nas armaduras negativas obtém-se seguindo os mesmos critérios, porém observou-se que todas obtiveram armadura maior que a mínima, nos cálculos manuais e em ambos métodos, a maior taxa de armadura obtida foi de $2,4\text{cm}^2/\text{m}$, atendendo com ($\phi 6.3 \text{ c/13}$). No CYPECAD devido a melhor distribuição de momento, a maior taxa de armadura apresentada foi de $1,39\text{cm}^2/\text{m}$, que atendeu com ($\phi 5\text{c/16}$). As armaduras dependem muito da escolha do profissional, que deve buscar atender às condições de segurança, de forma técnica e econômica, viabilizando a execução da estrutura.

Os resultados são analisados de forma crítica na seção 4.1 Vale ressaltar que o volume de concreto é $3,94 \text{ m}^3$ em todos os dimensionamentos, devido a espessura da laje ser a mesma.

4.1 Métodos de dimensionamentos

Quando se utiliza métodos de dimensionamentos diferentes, é normal que se obtenha resultados diferentes, ainda que estes sejam valores próximos, no caso do

Cypecad, devido a este considerar todas as possíveis transferências de carregamentos e as interações entre os elementos, espera-se resultados mais precisos. Nos métodos manuais a laje L3, é dimensionada como viga de concreto armado, em separado às demais, por isso não se apresenta nos quadros de dimensionamento manual.

4.1.2 Momentos

Os momentos obtidos apresentam variações. No método de Bares os momentos máximos e mínimo obtidos são, respectivamente em knm/m (1,68 e -4,25). Com as tabelas de Marcus foram (2,09 e -3,99), no Cypecad obtemos (2,2 e -3,3). O Cypecad desconsiderou os momentos de L3. Os resultados encontram-se dentro do esperado, uma vez que o método de Bares apresenta valores pouco acima do real. O método de Marcus é mais recente e veio para tentar aprimorar o cálculo quanto à distribuição de esforços, com valores mais reais.

O Cypecad apresentou resultados próximos ao calculado pelas tabelas de Marcus, como esperado, visto que o Cypecad consegue distribuir os esforços da melhor forma e não usa aproximações como nas tabelas, por isso chega a resultados mais precisos.

4.1.3 Armaduras

As armaduras obtidas apresentaram resultados satisfatórios em todos métodos de dimensionamento. Com os momentos obtidos pela tabela de Bares obtivemos $2,40\text{cm}^2/\text{m}$, sendo a maior taxa de armadura, localizada na armadura negativa de ligação de L1e L4. Todas armaduras positivas encontram-se abaixo da armadura mínima. Com os momentos obtidos a partir das tabelas de Marcus, os resultados foram semelhantes, com armadura máxima de $2,40\text{cm}^2/\text{m}$ e todas armaduras positivas menores que a armadura mínima.

Com o Cypecad a maior taxa de armadura obtida foi de $1,39\text{ cm}^2/\text{m}$, ocorrendo de forma esperada, devido à melhor distribuição de esforços, obtém menores momentos e, consequentemente, menor taxa de armadura. Em algumas armaduras positivas também se observou área de aço menor que a mínima. De modo geral os três métodos de dimensionamento apresentaram resultados satisfatórios, obedecendo a condições de segurança e durabilidade da estrutura.

4.1.4 Peso do aço + 10%

A massa das armaduras de aço, acrescentando os 10% de perda, ficaram dentro do esperado, sendo que para o método de Bares tivemos 89,91kg de aço CA-60, com diâmetro de 5,0 mm, e 49,35kg de CA-50, com barras de 6,3mm, totalizando

139,6kg. Com o método de Marcus chegamos a 89,66 kg de aço CA-60, com diâmetro 5,0mm, e 47,36kg de CA-60, e diâmetro 6,3mm, totalizando 137,02 kg de aço.

No dimensionamento com o CYPECAD obtivemos apenas aço CA-60, com barras de 5,0mm, totalizando 180,9kg, já acrescentado. Observa-se que neste caso o CYPECAD teve um consumo de aço de até 22,83% a mais que os métodos manuais. Isto ocorre devido a alguns fatores, sendo um deles a distribuição de momentos, em razão de ter momentos maiores, em mais direções aumenta-se o consumo de aço. Também foi constatado que o software deu continuidade às armaduras positivas de L2 e L5, entrando estas armaduras em L3. Observou-se, ainda, a armadura positiva em L3, sendo estas desconsideradas no cálculo manual, devido à falta de momento fletor.

4.1.5 Flecha Total

Na tabela 2.5.a, na tabela de Bares adaptada por Pinheiro (1993), seguindo as instruções e aplicando as equações da tabela de Bares, consegue-se obter a flecha imediata de 0,099cm. Para determinar a flecha total faz-se a somatória da flecha imediata com a flecha deferida, obtém-se multiplicando a inicial pelo coeficiente $1 + \alpha_f$, conforme NBR 6118, na tabela 17.1 desta obtém-se o coeficiente para um tempo infinito ≥ 70 meses. Obtivemos uma flecha total de 0,23cm, com o CYPECAD obtivemos 0,226cm, resultados similares. Comprovando, deste modo, a precisão dos cálculos executados.

5 CONCLUSÕES

As estruturas estão em constantes evoluções, de maneira que a utilização de ferramentas de precisão, como softwares de cálculo estrutural, permite maior produtividade economia e segurança, possibilitando ao engenheiro testar diversas soluções estruturais na mesma edificação. Assim conseguindo obter melhores resultados, adaptados à tecnologia construtiva disponível. O profissional utiliza estas ferramentas aliadas ao conhecimento técnico e experiência, permitindo maior agilidade e melhora da qualidade nas edificações brasileiras.

Neste artigo buscou-se comparar de forma crítica o dimensionamento de lajes maciças, utilizando tabelas de Bares, Marcus e com o uso de CYPECAD, visando a dificuldade de profissionais em adquirir softwares de dimensionamento em início de carreira. Fato que ocorre devido à falta de conhecimento e o custo de aquisição destas ferramentas.

A análise buscou verificar a segurança e os resultados apresentados, comparando os momentos encontrados, as armaduras principais positivas e negativas. Os resultados obtidos em todos métodos de dimensionamento foram satisfatórios. Observa-se que o método de Marcus produz resultados melhores que o de Bares, devido considerar melhor distribuição dos esforços. Os métodos de dimensionamento manual são consagrados, com segurança atestada através de inúmeras construções que resistem aos efeitos do tempo e de utilização. O software também dimensiona com segurança, permitindo obter valores reais, obedecendo todas as normas técnicas, sendo que estes resultados podem gerar relatórios detalhados de todo processo de cálculo atrelado a sua respectiva norma técnica.

Para o dimensionamento de lajes maciças é possível atender às condições de segurança e durabilidade da estrutura, utilizando softwares ou métodos manuais de acordo a disponibilidade. O software aliado ao conhecimento e experiência do profissional, pode agregar maior segurança e economia à edificação, facilitando a fechamento de contrato com o cliente.

O profissional que utiliza as melhores ferramentas de trabalho consegue produzir melhores resultados, maior produtividade, ganhando destaque no mercado de trabalho, tornando-se referência na área de atuação.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto -Procedimento**, Rio de Janeiro, 2014.

ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado / José Milton de Araújo**. - Rio Grande: Dunas, 2014. v.2, 4.ed.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Fundamentos do concreto armado**. São Paulo: Unesp, 2006.

MARTHA, Luiz Fernando. **Análise de estruturas-conceitos e métodos básicos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

PINHEIRO, L. M. **Notas de aula da disciplina Estruturas de Concreto Armado**. São Carlos, EESC-USP. 2003.

CAPÍTULO 13

DESENVOLVIMENTO DE CADEIRA DE RODAS ELÉTRICA COM JOYSTICK BASEADA EM ARDUINO

*DEVELOPMENT OF ELECTRIC WHEELCHAIR WITH
JOYSTICK BASED ON ARDUINO*

Moacir Pereira de Freitas¹
Márlison Santos de Sá²

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.13

¹ Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0002-5207-2554>, moacir.freitas@endicon.com.br
² Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0001-7470-2636>, 270102987@prof.unama.br

RESUMO

No Brasil segundo dados do IBGE, existem aproximadamente cerca de 45 milhões de pessoas com algum tipo de deficiência, isso representa 25% da população, dentre elas existem pessoas com deficiências com quais as impossibilitam de se locomover. Pensando na acessibilidade de todos os deficientes que foi criada a Norma regulamentadora NBR9050, para que haja critérios e parâmetros técnicos a serem seguidos quanto aos projetos, construções, instalações e adaptações no meio urbano e rural sempre pensando na acessibilidade de pessoas com deficiências que utilizam meios públicos e privados. O objetivo do presente trabalho foi projetar uma cadeira de rodas elétrica com *joystick* que atendesse crianças com deficiências motoras que as impossibilitem de se locomoverem ou em tratamento, sem que haja a necessidade de empregar força manual. O sistema dimensionado foi baseado no menor custo do mercado e o sistema de controle na tecnologia arduino. Estudos dentro desse campo são fundamentais para que a maior parte da população tenha acesso aos benefícios da tecnologia contemporânea.

Palavras-chave: Mobilidade. Deficiência. Integração Social.

ABSTRACT

In Brazil, according to IBGE data, there are approximately 45 million people with some type of disability, this represents 25% of the population, among them there are people with disabilities who make it impossible for them to move around. Thinking about the accessibility of all disabled people, the Regulatory Standard NBR9050 was created, so that there are technical criteria and parameters to be followed regarding projects, constructions, installations and adaptations in urban and rural areas, always thinking about the accessibility of people with disabilities who use means public and private. The objective of the present study was to design an electric wheelchair with a joystick that would serve children with motor disabilities that make it impossible for them to move around or in treatment, without the need to use manual force. The dimensioned system was based on the lowest cost in the market and the control system on Arduino technology. Studies within this field are essential for the majority of the population to have access to the benefits of contemporary technology.

Keywords: Mobility. Deficiency. Social integration.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil existem mais de 45 milhões de pessoas com alguma dificuldade para ver, ouvir, se movimentar ou algum tipo de incapacidade mental. Muitas dessas pessoas (12,5 milhões) possuem grande ou total dificuldade com essas habilidades, e são consideradas pessoas com deficiência (IBGE, 2021). A Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015, Capítulo I, Artigo 2º considera pessoa com deficiência aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas (BRASIL, 2015).

A deficiência é inerente à condição e diversidade humana. Quase todas as pessoas enfrentarão uma deficiência temporária ou permanente ao longo de suas vidas, e aquelas que desfrutarem do envelhecimento, apresentarão dificuldades cada vez maiores relacionadas com à perda da funcionalidade e autonomia (BRASIL, 2019). Nesse sentido, o uso de Tecnologia Assistiva (TA) pode promover a funcionalidade relacionada à atividade e à participação de pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (BRASIL, 2019). A expressiva demanda por recursos e meios de TA que se faz necessário para a inclusão social de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida expõe a importância do avanço na compreensão sobre a situação da pesquisa e desenvolvimento na área de TA em andamento no Brasil (PASCHOARELLI e MEDOLA, 2018).

A cadeira de rodas é um objeto indispensável para pessoas que não deambulam. Com o desenvolvimento e aprimoramento de TA e meios auxiliares de locomoção, atualmente existem diversos modelos para atender às diferentes necessidades de seus usuários, entre elas a cadeira de rodas motorizada (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013). Hoje em dia, as cadeiras de rodas motorizadas são amplamente utilizadas para ajudar na locomoção das pessoas. No entanto, muitas cadeiras de rodas motorizadas comercializadas ainda fornecem uma qualidade de condução insatisfatória, o que se deve principalmente a um algoritmo de controle mal projetado. Para resolver esse problema, este artigo propõe um projeto de cadeira que atenda as necessidade das crianças com deficiencia e um algoritmo de controle de movimento que pode melhorar a segurança e o conforto de condução do usuário e pode ser facilmente implementado em uma cadeira de rodas motorizada.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No Brasil existe grande número de crianças com deficiências e a pesquisa busca contribuir com aquelas crianças que tem paralisia nos membros inferiores, porém, que tenham movimentos nos membros superiores para que possam utilizar o *joystic* e controlem da cadeira. Para projetar a cadeira de rodas eletrica controlada por *joystick* de forma intuitiva, sugere-se inicialmente o modo de locomoção de uma cadeira de rodas, que consiste no modo longitudinal e no modo rotacional. Em seguida, observar o movimento da cadeira de rodas e os algoritmos de controle do projeto para o modo de locomoção. Além disso, usar controle de movimento baseado no modo de locomoção e tornar a implementação do algoritmo acessível para muitas cadeiras de rodas comercializadas.

2.1 Tecnologia Auxiliar

Com a ajuda da tecnologia auxiliar (TA), a integração em todos os aspectos da vida torna-se cada vez mais eficaz. As pessoas com deficiência buscam seu direito à integração social, o que tem gerado demanda e formulado políticas públicas em muitos países para que essas pessoas tenham a ajuda necessária. O atendimento é a atividade realizada por meio de ferramentas de tecnologia assistiva disponibilizadas por profissionais a pessoas com deficiências. Alguns exemplos de serviços existentes neste campo podem ser fisioterapia, terapia ocupacional, educação, psicologia, medicina e engenharia (SARTORETTO, 2017).

2.2 Deficiência e Acessibilidade

Uma das principais causas da disfunção motora, aqui podemos classificá-la como uma disfunção causada por defeitos neurológicos e musculoesqueléticos. Definir deficiência como qualquer mudança que afete uma pessoa ou que a afete seus movimentos, coordenação motora, fala, compreensão da informação, percepção e muito provavelmente que se conecte com outras pessoas (SARRAF, 2012). Nesse sentido, alcançar a liberdade de barreira é um meio eficaz de auxiliar as pessoas com deficiência e proteger totalmente seu direito de ir e vir.

Acessibilidade é a percepção de qualquer ambiente no qual todos os indivíduos são considerados para uso, independentemente de suas limitações físicas e sensoriais (SARRAF, 2012).

2.3 A Evolução das Cadeiras de Rodas

Desde o nascimento da humanidade, sempre houve a necessidade de facilitar a movimentação de pessoas feridas. No início, o acidentado era carregado por outra pessoa mais forte, sendo logo substituído por trepadeiras trançadas de madeira, facilitando assim o transporte dos pacientes. E em algum momento observou-se a que seria útil e empregabilidade de rodas em uma cadeira e assim teve a primeira cadeira de rodas. Acredita-se que uma das primeiras ilustrações de cadeiras e rodas seja um vaso grego do século 4 a.C. O deus grego da metalurgia, e a primorosa obra de arte (Hefesto) parece estar sentada em uma cadeira com rodas, mas isso não é por causa de algum defeito, mas para maior conforto (SILVA, 2012).

Uma das cadeiras de rodas mais notáveis da história foi usada pelo rei Felipe II da Espanha em 1595. Pode ser encontrada no Museu do Deficiente era utilizada para transportar o rei pelas salas do palácio. Também pode ser inclinado e possui um mecanismo para apoiar os pés a qual tornava-se cama Rei Espanhol (SILVA, 2012). Em 1933, o americano Herbert A. Everest encomendou uma cadeira de rodas que pudesse ser transportada em carro, o que foi essencial para o desenvolvimento de cadeiras de rodas mais versáteis. O engenheiro H.C. Jennings construiu uma cadeira de rodas com recursos dobráveis para Herbert, com o sucesso da invenção, o modelo foi patenteado e utilizado há décadas sob a marca Everest / Jennings (SILVA, 2012).

Segundo Filho (2010), o objeto de pesquisa científica são os usuários que apresentam tetraplegia ou lesão cerebral sem movimentação das mãos, cujo joystick é acionado por uma pequena alavanca movimentada pela boca. A nova interface acionada pela movimentação da cabeça por meio de sensores ultrassônicos e dos mais modernos sensores iniciais, a cadeira passa a ser um dispositivo semiautomático devido à velocidade e confiabilidade da comunicação por meio de sinais elétricos (FILHO, 2010).

2.4 Dispositivo elétrico de controle de cadeira de rodas

2.4.1 Controles e Joysticks

São a interfaces comuns aplicados em cadeiras de rodas comercializadas e podem ter diferentes opções e tipos. O modelo VR2 é um dos modelos mais utilizados nas cadeiras de rodas motorizadas cadastradas na ANVISA.

Figura 1 - Joystick modelo VR2.



Fonte: (AliExpress, 2021).

2.4.2 Controle mentoniano

O controle mentoniano é um controle de *joystick*, que faz o usuário poder realizar o movimento da alavanca através do movimento dos músculos do queixo para navegação da cadeira de rodas.

Figura 2 - Controle mentoniano.



Fonte: (GuiaDeroadas, 2021).

2.4.3 Controle por movimento labial

O controle de cadeira de rodas por meio do movimento da cabeça pode ser implementado por meio de diferentes estratégias. Como exemplo, o uso de botões a serem ativados próximos à cabeça do usuário e permitir a navegação da cadeira de rodas, o uso de sensores de proximidade dispostos de forma semelhante aos botões, o uso de sensores inerciais entre outras estratégias.

Figura 3 - Controle por movimento labial.



Fonte: (USP, 2016).

2.4.4 Controle por Interface Cérebro-Computador

A interface cérebro-computador tornou-se um assunto de pesquisa frequente, e cada vez mais tecnologias assistivas estão sendo usadas. De acordo com Botti Benvides, Sarcinelli-Filho e Freire Bastos-Filho (2020), acreditam que a interface cérebro-computador é um sistema que usa a regulação voluntária da atividade neural para transmitir o sistema nervoso as informações podem ser usadas para controle e comunicação. Diferentes paradigmas podem ser usados para realizar o controle da cadeira de rodas.

Figura 4 - Controle por Interface Cérebro-Computador.



Fonte: (FEEC/UNICAMP, 2016).

3 METODOLOGIA

Para tal, realizou-se inicialmente pesquisas bibliográficas e também uma pesquisa qualitativa e quantitativa, de caráter exploratório. A pesquisa bibliográfica busca relações entre conceitos, características e ideias, muitas vezes unindo dois ou mais temas. Esse método de pesquisa se caracteriza a partir do registro disponível, que ocorre através de pesquisas já realizadas, em livros, artigos, teses e documentos impressos. Com isso, os textos tornam-se fontes dos temas que serão trabalhados e pesquisados.

3.1 Área de estudo

A área de estudo baseado totalmente na junção de eletrônica e na mecânica aplicada em um protótipo de cadeira de rodas tradicional que será adaptada e determinar suas áreas de aplicação em potencial. Além do ambiente científico, a prova de conceito também pode ser usada a tecnologia. Até mesmo que estabeleça boas práticas de negócios e mudanças importantes no mercado, foi realizada uma prova de conceito para comprovar a viabilidade dessas mudanças.

Figura 5 - Modelo do protótipo da pesquisa.

Fonte: ABC da Eletrônica (2014).

3.2. Principais componentes para elaboração do Protótipo

3.2.1 Cadeira de rodas

Principais características da cadeira de rodas é a resistência, confeccionada com tubo de aço com revestimento em pó eixo duplo, altura do assento ajustável, braço da mesa considerável, apoio para os pés giratório com placa de plástico, com descanso de calcanhares, rodas dianteiras com 8 polegadas e rodas traseiras com 24 polegadas, pneus sem câmara, aro de plástico, estofamento de PVC durável e à prova de fogo com freios de acionamento manual e com sistema antitombamento.

Figura 6 - Cadeira de Rodas.

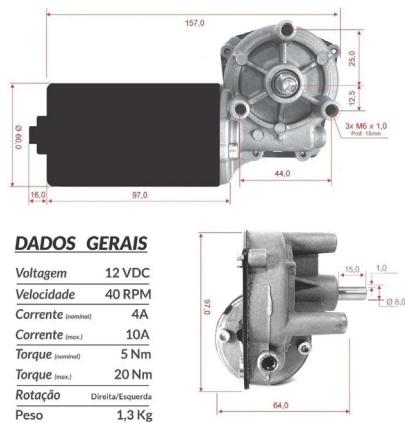
Fonte: Bescomedial (2021).

3.2.2 Motores

Para este projeto, serão propostos dois motores de limpador de para-brisas de carro, que consistem em um motor de corrente contínua (CC) acoplado a uma caixa de câmbio para fornecer o torque necessário para realizar o movimento da cadeira de rodas. Esse motor foi escolhido por possuir características semelhantes a outros motores utilizados em cadeiras de rodas convencionais, mas seu custo é inferior ao das cadeiras de rodas. Os motores de corrente contínua operam com base na relação

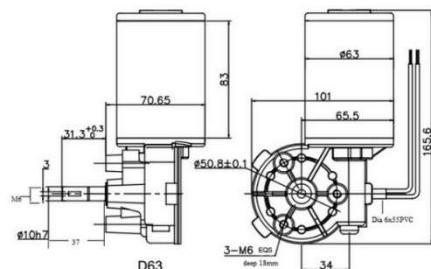
entre um campo magnético fixo e o campo magnético gerado pela corrente que flui no condutor. Essa relação leva a uma força que desloca o condutor do campo magnético fixo, criando movimento (ELETROBRÁS, 2003).

Figura 7 - Motor de Limpador de Para-brisas.



Fonte: ML (2021).

Figura 8 - Esquema de Motor.



Fonte: Portuguese.aliba (2021).

Tabela 1 - Guia de aplicação de motores DC da Bosch.

Item	Código	Família	Alimentação	Corrente (A)	Velocidade (RPM)	Torque (Nm)
1	Motor Bosch F006.WMO.310	CEP	24V	10	51	10
16	Motor Bosch 9.390.453.042	CEP	12V	18	75	9
17	Motor Bosch 9.390.453.032	CEP	12V	4	87	3,8
18	Motor Bosch F006.B20.360	CEP	24V	4,5	39	7
19	Motor Bosch F006.B20.137	CEP	24V	2,5	25 a 40	7

Fonte: Kalatec (2021).

3.2.3 Joystick

Sua função principal é a de controlar a cadeira, é através dele que o sistema de controle eletrônico interpreta os movimentos do usuário, tanto de direção quanto de velocidade.

1. Leve o joystick para frente e a cadeira começará a se mover, quando soltá-lo automaticamente a cadeira de rodas irá parar.
2. Indicador de velocidade ou programa: O indicador mostra de 1 a 5 bar-

ras. Cada barra representa um programa de condução. Os programas 1 e 2 são para uso interior e os programas 3,4 e 5 são para uso exterior.

3. Subir programa de condução (aumentar velocidade): Aumenta a velocidade da cadeira de rodas.
4. Baixar programa de condução (diminuir velocidade): Diminui a velocidade da cadeira de rodas.
5. Buzina: Serve para chamar a atenção dos pedestres, pois a ULX Motorizada é muito silenciosa e desenvolve velocidade superior a uma pessoa caminhando.
6. Botão On/Off: Serve para ligar e desligar a cadeira de rodas. Não utilize este botão para parar a cadeira de rodas, salvo em caso de emergência. Não pressione o botão On/Off estando o joystick fora da posição central.
7. Indicador do nível de carga da bateria: Este indicador está aceso quando a cadeira está pronta para uso. Também funciona como indicador de falhas.

Figura 9 - Joystick Modelo - VR2.



Fonte: Kalatec (2021).

3.2.4 Placa de Arduino

Neste projeto será utilizado o Arduino Uno que é uma placa microcontrolada baseada no ATmega328. Possui 14 pinos de entrada/saída digital 6 dos quais podem ser usados como saídas PWM, 6 entradas analógicas, um relógio de 16 MHz, uma conexão USB, um conector de alimentação, um conector ICSP e um botão de reset (ARDUINO UNO, 2016). Após análise, optou-se por utilizar esta placa por ser mais fácil de encontrar no mercado e o custo de aquisição ser inferior a outras placas de micro controle com características técnicas semelhantes ao Arduino Uno.

Pode ser alimentado pela conexão USB ou com uma fonte de alimentação externa. Alimentação externa (não USB) pode ser tanto de um adaptador CA para CC ou bateria. Há um conector para alimentação de 2,1mm com o positivo no centro. Cabos vindos de uma bateria podem ser inseridos diretamente nos pinos Gnd e Vin do conector de alimentação. Pode funcionar com uma fonte de alimentação externa de 6 a 20 volts. No entanto se a alimentação for inferior a 7V, o pino 5V pode forne-

cer menos de cinco volts e a placa pode se mostrar instável. E se a alimentação for maior do que 12V o regulador de voltagem pode superaquecer e danificar a placa. A faixa recomendada é de 7 a 12 volts.

3.2.4.1 A entrada de alimentação para a placa

Arduino quando se está utilizando uma fonte de alimentação externa. Em oposição à conexão USB ou outra fonte de alimentação regulada. Você pode fornecer alimentação através deste pino, ou se estiver utilizando o conector de alimentação acessar esta voltagem aqui.

3.2.4.2 Alimentação regulada

A alimentação regulada é usada para o microcontrolador e para outros componentes na placa. Pode vir tanto do VIN através do regulador embarcado ou da conexão USB ou outra fonte regulada em 5V. Uma fonte de 3,3V gerada pelo regulador embarcado. A corrente máxima suportada é de 50mA.

3.2.4.3 Memória

O ATmega328 tem 32KB dos quais 0,5 são utilizados pelo bootloader. Também tem 2KB de SRAM e 1KB de EEPROM que pode ser lido ou gravado com a biblioteca EEPROM.

3.2.4.4 Entrada e Saída

Cada um dos 14 pinos digitais do Uno R3 podem ser utilizados como uma entrada ou uma saída utilizando-se as funções pinMode(), digitalWrite(), e digitalRead(). Eles operam a 5V. Cada pino pode fornecer ou receber um máximo de 40mA e tem um resistor pull-up interno (desconectado por padrão) de 20-50kΩ.

Figura 10 - Arduino Uno.



Fonte: Aecxrobot (2021).

3.2.5 Bateria

O sistema será alimentado por baterias do tipo Lipo, são comumente utilizadas em Drones, pois proporcionam uma boa autonomia, e tem uma grande vida útil

em relação as demais. Uma característica diferenciada em relação as demais, que é tem a capacidade de descarregar altas energias sem sofrer danos a estrutura. A bateria Lipo é composta por células ligadas em série, cada célula é capaz de armazenar 3,7 V nominal, portanto, uma bateria 1S tem 3,7V, uma bateria 2S tem $2 \times 3,7V = 7,4V$, e assim por diante ($3S = 11,1V$ | $4S = 14,8V$ | $5S = 18,5V$ | $6S = 22,2V$), mas quando uma bateria é carregada ela é capaz de armazenar até 4,2 V por célula, ou seja, uma bateria 1S armazena até 4,2V, uma 2S até 8,4V, e assim por diante ($3S = 12,6V$ | $4S = 16,8V$ | $5S = 21V$ | $6S = 25,2V$)

Figura 11 - Bateria Drone.



Fonte: Droneng (2021).

3.2.6 Programação

Para programar o Arduino, um software livre em que o código é escrito em uma linguagem (baseada na linguagem C) que o Arduino entende. O IDE permite que você escreva um programa de computador, que é um conjunto de variáveis, definições e chamadas de função que realizam certas operações. Essas variáveis, definições e chamadas de função foram carregadas para o Arduino. O Arduino executará essas instruções e interagirá com qualquer coisa conectada. O hardware e o software do Arduino são de código aberto, o que significa que qualquer pessoa pode usar códigos, esquemas e designs livremente para qualquer finalidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste trabalho a maior preocupação foi quanto a questão do custo. Os resultados mostraram que a cadeira de rodas tem a capacidade de realizar todas as tarefas necessárias para operação de *joystick*. Se deve pressionar o botão, mover o *joystick*, todas as tarefas podem ser concluídas sem intervenção prática. Equipamento deve ter o custo menor em comparação com o custo de uma cadeira de rodas elétricas comercializada básica. Sendo assim, todos os requisitos de prova de conceito foram atendidos.

O teste de carga aplicado ao sistema pôde mostrar que, considerando a superfície plana, suporta carga de 35 kg e operação contínua, o protótipo pode atingir um

tempo de autonomia de 1 hora e 45 minutos. Os sistemas de motores de para-brisa automotivo, é facilmente disponível no mercado e com grande torque. Porém, observa-se que a escolha do motor pode ser maior velocidade e menor consumo sem a necessidade de troca direta do motor, mas o sistema de movimentação da cadeira também pode adotar uma solução de movimentação mais rápida, em comparação com a tecnologia tradicional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetivou projetar uma cadeira de rodas elétrica com joystick que atendesse crianças com deficiências motoras. O sistema dimensionado foi baseado no menor custo do mercado e o sistema de controle na tecnologia arduino.

O teste de carga aplicado ao sistema pôde mostrar que, considerando a superfície plana, suporta carga de 35 kg e operação contínua, o protótipo pode atingir um tempo de autonomia de 1 hora e 45 minutos.

Estudos dentro desse campo são fundamentais para que a maior parte da população tenha acesso aos benefícios da tecnologia contemporânea. Para pesquisas posteriores sugere-se o dimensionamento de um sistema para cargas superiores a 35 kg.

REFERÊNCIAS

AECX ROBÓTICA. **Curso de Robótica da Associação Espírita Chico Xavier**. Disponível em: <<http://aecxrobot.blogspot.com/p/descricao-o-arduino-uno-r3-uma-placa-de.html>>. Acesso em: 06 abr 2021.

ARDUINO UNO. **Store: Arduino Uno Rev3. Barcode: 7630049200050**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>>. Acesso em: 14 mar 2021.

BESCOMEDICAL. Disponível em: <<http://www.bescomedical.com/452-standard-wheelchairs.html>>. Acesso em: 28 mar 2021.

BLOG ABC ELETRÔNICA. **Cadeira de rodas motorizada**. Disponível em: <<http://abcelectronica.blogspot.com/2014/07/cadeira-de-rodas-motorizada.html>>. Acesso em: 27 mar 2021.

BRASIL. Estatuto da pessoa com deficiência. **Lei brasileira de inclusão da pessoa com deficiência: Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015**. Estatuto da pessoa com deficiência/Câmara dos Deputados. – Brasília: Câmara dos Deputados. Edições Câmara, 2015. Série legislação, n. 200, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Especializada à Saúde. **Guia para Prescrição, Concessão, Adaptação e Manutenção de Órteses, Próteses e Meios**

Auxiliares de Locomoção. Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção Especializada à Saúde, Departamento de Atenção Especializada e Temática. – Brasília: Ministério da Saúde, 108 p., 2019.

CEPID BRAINN. Interface Cérebro-Computador: o futuro controlado pela mente: Interface para tetraplégicos controla dispositivos através do movimento labial. Disponível em: <<http://www.usp.br/aun/antigo/exibir?id=7510&ed=1302&f=2>>. Acesso em: 19 mar 2021.

DRONENG BLOG. Drones e Engenharia. Tudo sobre mapeamento aéreo com drones. Disponível em: <<https://blog.droneng.com.br/baterias-lipo/>>. Acesso em: 07 abr 2021.

GALVÃO FILHO, T. A.; DAMASCENO, L. L. Programa InfoEsp: Prêmio Reina Sofia 2007 de Rehabilitación y de Integración. In: Boletín del Real Patronato Sobre Discapacidad, Ministerio de Educación, Política Social y Deporte, Madrid, Espanha. n. 63, p.14-23, 2008. Disponível em: <http://www.galvaofilho.net/Programa_InfoEsp_2009.pdf>. Acesso em: 13 mar 2021.

GUIA DE RODAS. Tecnologias Assistivas para pessoas com Tetraplegia. Disponível em: <<https://guiaderodas.com/tecnologias-assistivas-para-pessoas-com-tetraplegia/>>. Acesso em: 17 mar 2021.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Educa. Crianças. Pessoas com deficiência, 2021. Disponível em: <<http://educa.ibge.gov.br/criancas/brasil/nosso-povo/19622-pessoas-com-deficiencia.html>>. Acesso em: 29 out 2021.

KALATEC AUTOMAÇÃO. Motor DC e Controladores PWM. Disponível em: <<https://www.kalatec.com.br/motor-dc-bosch-e-variador-de-velocidade/>>. Acesso em: 05 abr 2021.

PASCHOARELLI, L. C.; MEDOLA, F. O. [Orgs.]. Tecnologia Assistiva: estudos teóricos. 1^a ed., Bauru: Canal 6 Editora, 401 p., 2018.

PORTUGUESE ALIBABA. Limpador traseiro de alto torque. Disponível em: <<https://portuguese.alibaba.com/product-detail/high-torque-power-specification-24v-12v-dc-windshield-rear-wiper-motor-for-auto-car-bus-small-tractor-heavy-truck-12-spesifikasi-60613842115.html>>. Acesso em: 04 abr 2021.

SARRAF, V. P. Reabilitação do museu: políticas de inclusão cultural por meio da acessibilidade. 2008. **Dissertação (Mestrado em Cultura e Informação).** Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/27/27151/tde-17112008-142728/>>. Acesso em: 13 mar 2021.

SARTORETTO, M. L.; BERSCH, R. Assistiva Tecnologia e Educação. 2017. Disponível em: <<http://www.assistiva.com.br/tassistiva.html>>. Acesso em: 13 mar 2021.

SILVA, O. M. da.; DEL'ACQUA, R. J. Cadeiras de Rodas e sua evolução histórica. 2012. Disponível em: <<http://www.crfaster.com.br/Cadeira%20Rodas.htm>>. Acesso em: 13 mar 2021.

SITE COMERCIAL. Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1150357665-motor-limpador-parabrisa-modelo-vw-universal-2-velocidades-_JM>. Acesso em: 02 abr 2021.

SITE COMERCIAL. Disponível em: <<https://pt.aliexpress.com/item/32811235347.html>> Acesso em 15 mar 2021.

CAPÍTULO 14

DESENVOLVIMENTO DE KIT DIDÁDICO DE CÉLULA FOTOVOLTAICA

*DEVELOPMENT OF A PHOTOVOLTAIC CELL TEACHING
KIT*

Hugo Ribas Silva¹
Andrey Dias de Souza²
Márlison Santos de Sá³

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.14

¹ Centro Universitário da Amazônia: <https://orcid.org/0000-0002-3080-4099>, Lcs1376123@gmail.com

² Centro Universitário da Amazônia: <https://orcid.org/0000-0002-9039-5426>, a.dias0712@gmail.com

³ Centro Universitário da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-7470-2636>, 270102987@prof.unama.br

RESUMO

Na atualidade a energia fotovoltaica tem ganhado mercado, sendo muito comum a presença de painéis solares em residências, prédios e nos mais diversos projetos. Porém, poucos sabem como de fato uma célula fotovoltaica é capaz de gerar eletricidade a partir de raios luminosos. Neste sentido, muitos profissionais da área empênam-se em esclarecer como o fenômeno ocorre. No geral, isso implica esclarecer o que ocorre na junta p-n, parte principal relacionada ao funcionamento das células fotovoltaicas e que geralmente fica no interior de invólucros. Deste modo o presente trabalho teve por objetivo desenvolver um protótipo utilizando leds e iluminação artificial afim de ilustrar o que acontece no interior de uma célula fotovoltaica. Os resultados apontaram para um sistema capaz de gerar energia elétrica de baixa intensidade, mostrando-se promissor como ferramenta didática.

Palavras-chave: Células Solares. Célula PN. Educacional.

ABSTRACT

Currently, photovoltaic energy has gained market, being very common the presence of solar panels in homes, buildings and in the most diverse projects. However, few know how in fact a photovoltaic cell is able to generate electricity from light rays. In this sense, many professionals in the field strive to clarify how the phenomenon occurs. In general, this implies clarifying what happens in the p-n joint, the main part related to the functioning of photovoltaic cells and which is usually inside casings.

Thus, this work aimed to develop a prototype using LEDs and artificial lighting in order to illustrate what happens inside a photovoltaic cell. The results pointed to a system capable of generating low intensity electrical energy, proving to be promising as a didactic tool.

Keywords: Solar Cells. PN cell. Educational.

1 INTRODUÇÃO

Na busca da geração de determinada energia, se faz necessário a observação do ambiente proposto e o capital fornecido. Com os painéis solares se encontra também uma conversão da energia solar em energia elétrica, por meio de células fotovoltaicas.

A energia fotovoltaica no nosso cotidiano está muito presente, com uma habitual visualização de painéis em lugares diversificados, já que é uma energia que está em alta no mercado, muitos consumidores deixaram de ser dependentes da energia elétrica fornecidas por distribuidoras e de motores a diesel como é o caso em alguns locais rurais. É de extrema importância seu uso por ser uma fonte de energia que não libera gases poluentes em sua conversão, vem de uma fonte inesgotável, o Sol, tem um grande potencial para solucionar diversos desafios energéticos globais, como o efeito estufa e diminuir as dependências de outros meios de combustíveis utilizados para produção de energia elétrica.

Diversas faculdades e entidades de estudos abordam esse tema em diferentes cursos de graduação, porém é difícil de compreender algo que é quase abstrato e de visão impossibilitada a olho nu. Assim, fica difícil a compreensão de como realmente acontece esse processo interno de uma placa fotovoltaica em relação ao comportamento das células.

A grande dificuldade no processo de aprendizagem nesse assunto é por não haver materiais de base e o acompanhamento tecnológico que é explicado pelo Parâmetros curriculares Nacionais (PCN), que relata “O fato das mudanças na Educação não ocorrerem de forma tão rápida quanto na tecnologia, gera um distanciamento entre o processo de captura, armazenamento e manipulação da informação e o produto final, que é o conhecimento”

Portanto, o objetivo do trabalho é desenvolver um kit didático onde possa se aproximar do processo de conversão da luz em energia elétrica, a partir de materiais de baixo custo, tentando aproximar a realidade do conteúdo teórico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O que é efeito fotovoltaico

Segundo Pankove J.I “O efeito fotovoltaico corresponde à geração de uma diferença de potencial elétrico entre dois terminais de uma estrutura, usualmente uma junção P-N. No dispositivo sob iluminação o efeito fotoelétrico interno é capaz de gerar um par elétron-buraco pela absorção de um fóton”.

O efeito fotovoltaico foi descoberto em 1839 pelo físico francês Edmond Becquerel, (pai de Henri Becquerel, famoso pelos estudos em radioatividade), utilizando uma célula eletroquímica para gerar uma diferença de potencial entre dois eletrodos, quando o dispositivo era submetido à luz.

Nascimento afirma que a “Célula solar compõe-se de camada fina de material tipo N e outra com maior espessura de material tipo P. Separadamente, ambas as capas são eletricamente neutras. Mas ao serem unidas, na região P-N, forma-se um campo elétrico devido aos elétrons livres do silício tipo N que ocupam os vazios da estrutura do silício tipo P. Ao incidir luz sobre a célula fotovoltaica, os fótons chocam-se com outros elétrons da estrutura do silício fornecendo-lhes energia e transformando-os em condutores. Devido ao campo elétrico gerado pela junção P-N, os elétrons são orientados e fluem da camada “P” para a camada “N”. Por meio de um condutor externo, ligando a camada negativa à positiva, gera-se um fluxo de elétrons (corrente elétrica). Enquanto a luz incidir na célula, manter-se a este fluxo.”

A intensidade da corrente elétrica varia de acordo com a incidência de luz nas células, visto que elas não armazenam energia. Gerando apenas um fluxo de elétrons enquanto houver incidência de luz.

As células fotovoltaicas por serem pequenas e a junta p-n está envolvida por invólucros, o ensino sobre o seu princípio de funcionamento torna-se uma abstração de alta complexidade.

3 METODOLOGIA

A descrição metodológica apresenta-se em três etapas: na primeira serão apresentados os materiais utilizados, na segunda como estes foram utilizados e finalmente como foi realizado o teste de geração de energia elétrica.

3.1 Materiais

O protótipo foi manuseado com ferramentas e materiais de baixo custo, conforme mostra a tabela 1

Tabela 1 - Lista de materiais utilizados no protótipo.

<i>Material</i>	<i>Quantidade</i>
<i>Leds vermelho</i>	6
<i>Leds azuis</i>	6
<i>Capacitor 5MC/10V</i>	2
<i>Placa de acrílico</i>	2
<i>Voltímetro</i>	1
<i>Lâmpada incandescente 100w 220v</i>	2

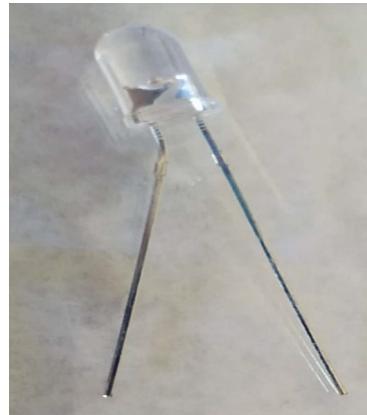
Fonte: Autores (2021).

Diodo Emissor de Luz (LED)

Segundo o portal mundo da elétrica, a palavra led vem do inglês Light Emitting Diode, que significa Diodo Emissor de Luz. O led (Figura 1) é um componente eletrônico semicondutor, composto de cristal semicondutor de silício ou germânio. Possui a mesma tecnologia usada em chips de computadores que contem a capacidade de transformar energia em luz. Porém, a conversão de energia elétrica em luz que os leds possuem é diferente do que ocorre entre as lâmpadas incandescentes.

Energilux afirma que o led é a espécie de semicondutor mais simples que existe, por gerarem luz apenas por meio dos movimentos dos elétrons.

Figura 1 - Diodo Emissor de luz “LED” vermelho.

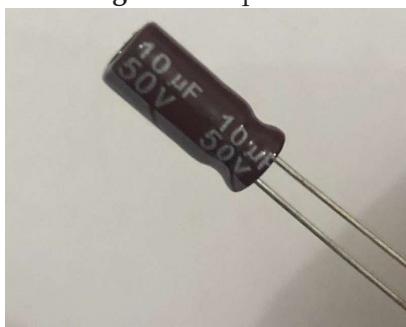


Fonte: autores (2021).

Capacitor

De acordo com Brasil Escola, a função mais básica do capacitor (Figura 2) é armazenagem de cargas elétricas em seu interior. Durante as descargas, os capacitores podem fornecer grandes quantidades de carga elétrica para um circuito e levam tempo para serem carregados completamente. Por isso, os capacitores são largamente usados em dispositivos eletrônicos que demandam grandes intensidades de corrente elétrica. Podem ser usados para implementar temporizadores, retificadores de corrente elétrica, filtros de linha, estabilizadores etc.

Figura 2 - Capacitor.



Fonte: Autores (2021).

Placa de Acrílico

Como informa a AFIX GRAFIC, uma empresa renomada no ramo de acrílicos diz que “A placa de acrílico se trata de um material sintético (não natural), que foi criado em 1928 pelos EUA. O acrílico é um termoplástico (material plástico que pode ser moldado quando a temperatura é elevada a valores pré-determinados) muito utilizado pela indústria, comércio, arquitetura e artes.

Sendo assim, é relativamente fácil fazer com que o acrílico (Figura 3) adquira as mais variadas formas (por processos de dobra, encaixe, injeção, colagem, dentre outros), sendo um material muito apreciado pelas equipes de design.

Figura 3 - placa de acrílico.



Fonte: Autores (2021).

Voltímetro digital

De acordo com a BHS, multímetros reforça que “voltímetro digital é um **instrumento de medição** que serve para mensurar ganho ou perda de tensão entre dois pontos de um circuito elétrico, para isso, o dispositivo possui duas extremidades que devem ser conectadas o mais perto possível da fonte de alimentação”, conforme figura 4.

Figura 4 - Voltímetro digital.

Fonte: Autores (2021).

3.2 Montagem

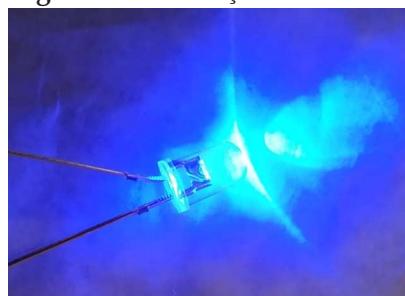
Como citado, os Leds são responsáveis da transformação de energia elétrica em energia luminosa, só que também pode fazer o papel reverso, quando a iluminação se assemelha a própria refletividade, assim o diodo gera uma diferença de potencial surgindo uma nova corrente elétrica.

O LED também é constituído por uma junção PN afirma M. ALMEIDA. “Embora os LEDs sejam projetados para emitir fótons, eles também podem funcionar como receptores de luz. Em diversos artigos na literatura encontramos o uso de LEDs como fotossensores. Porém, como a emissão é bastante pronunciada em torno de uma frequência característica, a recepção se dá para uma faixa de frequências de energia. Este comportamento ressonante dos LEDs permite que eles sejam utilizados como sensores para faixas.”

Para a montagem do protótipo foram utilizados os leds vermelho (Figura 5) e leds azuis (Figura 6).

Figura 5 - Iluminação Leds vermelhos.

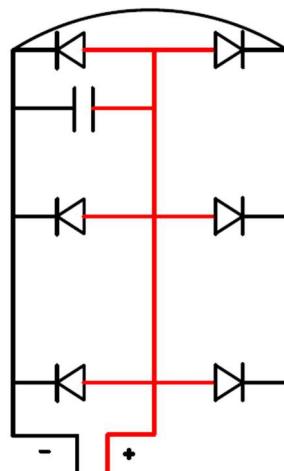
Fonte: Autores (2021).

Figura 6 - Iluminação Leds Azuis.

Fonte: Autores (2021).

Para a montagem do protótipo foram seguidas as seguintes etapas:

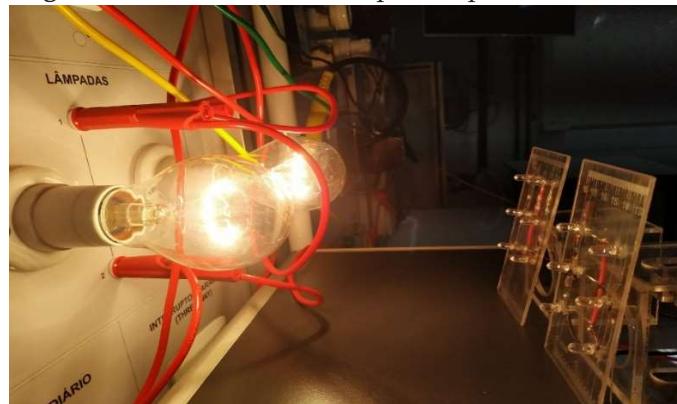
1. Efetuar cortes e furos, no acrílico para encaixes dos "leds";
2. Adicionar os leds interligando as polaridades positivas e negativas;
3. Adicionar o capacitor integrado ao circuito misto (Série-Paralelo). Em um circuito elétrico misto, existem ambos os tipos de ligação descritos acima (Figura 7).
4. Soldar as polaridades positivas e negativas integrando um cabo 0,25 mm², sendo vermelho (positivo) e preto (negativo) nas polaridades do sistema.
5. Foi utilizado um multímetro (função voltímetro) para obtenção dos valores de geração provenientes das placas.

Figura 7 - Arranjo elétrico dos painéis de led.

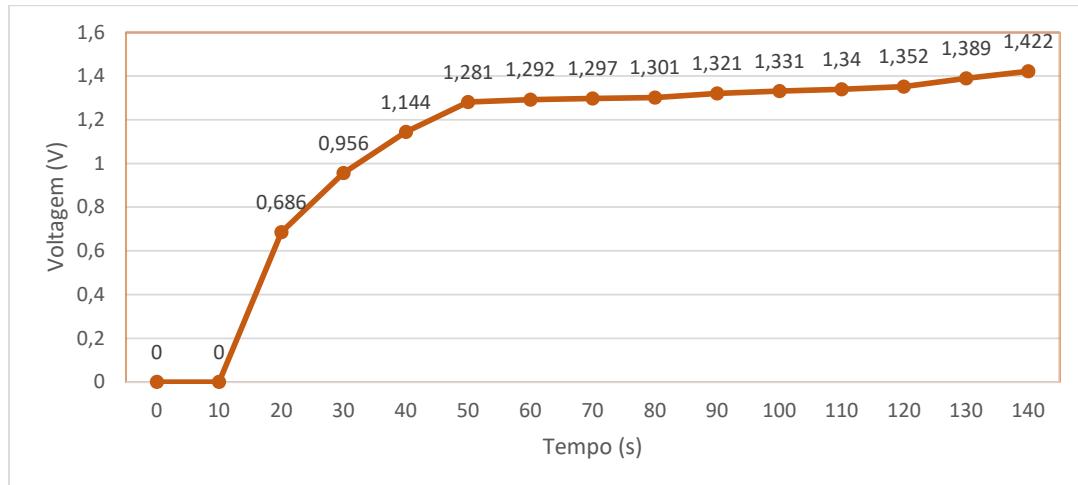
Fonte: Autores (2021).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta os resultados obtidos a partir dos testes de geração de tensão, a partir de lâmpadas incandescentes como fonte de luz. Os testes foram realizados no laboratório com dois protótipos, uma placa constituída por LEDs vermelhos e outra placa com leds azuis, ambos com encapsulamento transparente. Foram adotados os mesmos parâmetros de distanciamento dos painéis de leds sendo a distância de 10 cm da fonte de luz. Tal procedimento está apresentado na figura 8.

Figura 8 - distanciamento dos painéis para fonte de luz.**Fonte:** Autores (2021)

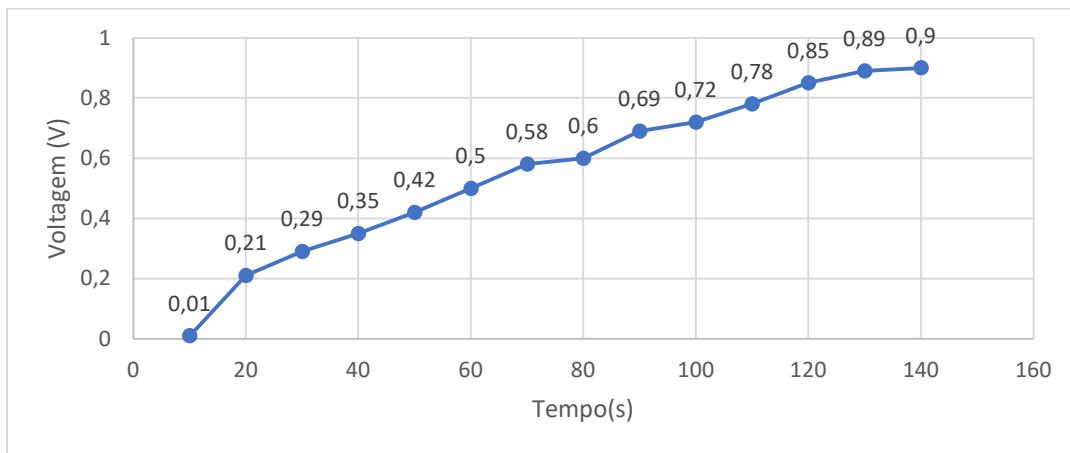
A fonte de luz era constituída por duas lâmpadas incandescentes de 220V com a potência de 100W cada, originando os dados descritos na figura 9.

Figura 9 - Geração do painel com leds vermelhos.**Fonte:** Autores (2021).

O gráfico da figura 9 mostra a geração obtida pela placa constituída por leds vermelhos e seu valor máximo gerado, foi de 1,422 Volts.

Os leds vermelhos absorvem luz na banda menos energética se comparado aos leds azuis. Considerando que a luz vermelha é mais intensa nas lâmpadas incandescentes, era esperado um pico de tensão superior nessa composição.

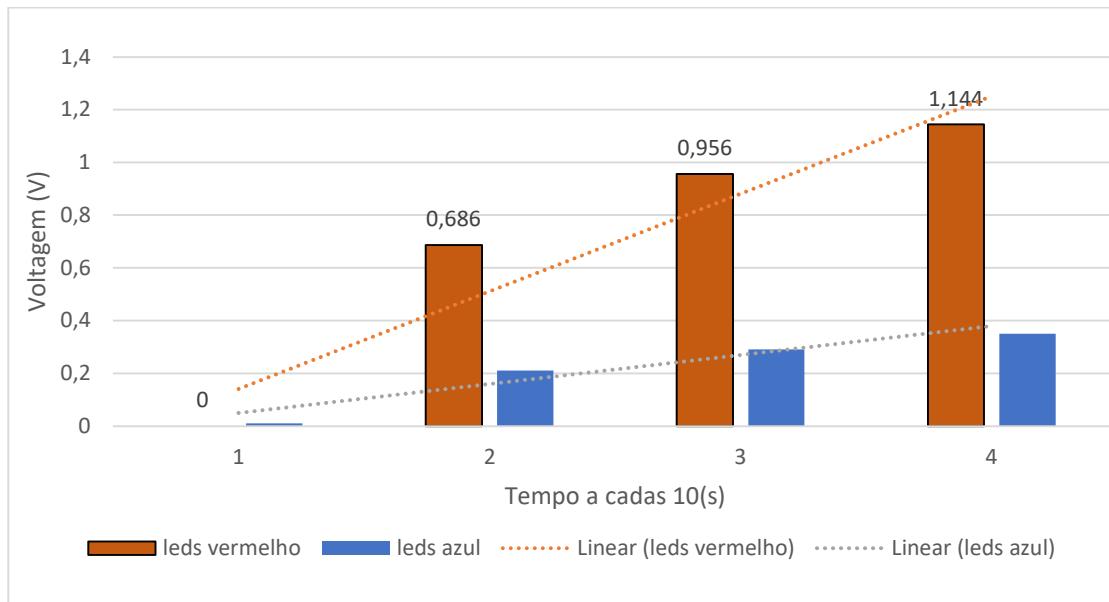
No gráfico da figura 10, observa-se os resultados para a composição de leds azuis.

Figura 10 - Geração do painel com leds azuis.

Fonte: Autores (2021).

Gerando aproximadamente 0,9V, um valor bem inferior se comparado aos painéis de leds vermelhos com pico máximo 1,4V.

A velocidade para adquirir o valor máximo dos dois painéis são respectivamente o mesmo, todavia obtiveram-se resultados de proporções de grande diferença nas tensões originadas, como mostra a figura 11.

Figura 11 - Geração em função do tempo.

Fonte: Autores(2021).

Conforme a Figura 11, observamos que nos primeiros 40 segundos, o painel de led vermelho, teve uma alta repentina de tensão, devido sua faixa de recepção de energia ser diferente e inferior do led azul.

5 CONCLUSÃO

O trabalho presente retratou o desenvolvimento de um kit didático para exposição sobre o fenômeno fotovoltaico. O sistema composto por leds operou satisfatoriamente, sendo o led vermelho o mais indicado, por demandar menos energia para iniciar o efeito fotovoltaico.

O sistema se mostrou promissor no que tange ao custo/benefício, especialmente considerando que fez uso de materiais de baixo custo e de fácil replicação. Podendo ser utilizado em atividades de experimentação nos mais diversos setores e para os mais diversos públicos. Para pesquisas posteriores sugere-se o uso de leds de outras bandas de absorção para efeito de comparação de geração, bem como fontes com outras bandas de emissão.

REFERÊNCIAS

Afinal, o que é led? Disponível em <<https://tinyurl.com/prvrpra8r>>. Acesso 12 de agosto de 2021.

BHS. Voltímetros Digitais . Disponível em :< <https://tinyurl.com/mtkrbu64>> .Acesso 26 de agosto 2020.

Capacitores. Portal da educação. Disponível em <<https://tinyurl.com/jvhtp7uf>>. Acesso em 10 de setembro 2021.

E. Becquerel, Comptes Rendus. 9, 561 (1839). Disponível em <<https://tinyurl.com/by84wf3w>> .Acesso em 27 de outubro 2021.

J.I. Pankove, *Optical Processes in Semiconductors* (Dover Books on Physics, Chicago, 2010). Disponível em :<<https://tinyurl.com/efdhvvj>>. Acesso em 10 de junho de 2021.

L. Nieves, G. Spavieri, B. Fernandes e R.A. Guevara, The Physics Teacher 35, 108 35. (1997).

Marisa Almeida Cavalcante, Cristiane R.C. Tavolaro, Dione Fagundes de Souza e João Muzinatti, Física na Escola 3:1, 24 (2002).

Marisa Almeida Cavalcante e Rafael Haag, Revista Brasileira de Ensino de Física 27, 343 (2005).

MOREIRA, A. M. Teorias de Aprendizagem. EPU: São Paulo, 1999. 151-165p

Nascimento, Cássio Araújo do. Princípio do funcionamento da célula fotovoltaica. (Monografia) Pós Graduação Latu-Sensu. 2004.

O que é um LED? - Mundo da Elétrica .Disponível em :< <https://tinyurl.com/yku-j6fvs>> .Acesso em 17 de setembro de 2021.

O que é Acrílico. Conheça Tudo sobre esse Material e suas Aplicações | AfixGraf Soluções Gráficas. Disponível em :<<https://tinyurl.com/26ean479>> . Acesso em 17 de setembro de 2021.

CAPÍTULO 15

DESENVOLVIMENTO DE UM MANIPULADOR ROBÓTICO PARALELO DE CINCO BARRAS

*DEVELOPMENT OF A FIVE BAR PARALLEL ROBOTIC
MANIPULATOR*

Gabriel Ferreira Walfredo¹
Nicole Anastácia Araújo Lima²
Márlison Santos de Sá³

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.15

¹ Centro Universitário da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-7076-9876>, gabrielferreirawalfredo@gmail.com.
² Centro Universitário da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-5643-4591>, anastacianico8@gmail.com
³ Centro Universitário da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-7470-2636>, 270102987@prof.unama.br

RESUMO

A demanda por robôs em linhas de produção tende a ser elevada por ser um investimento que aumenta a produtividade e corta gastos com as medidas de segurança necessárias para resguardar a saúde dos trabalhadores. Portanto o objetivo do presente trabalho é desenvolver um robô paralelo de cinco barras voltado para a manipulação de objetos em um plano cartesiano, o desenvolvimento de tal projeto envolverá conceitos de mecatrônica, programação e eletrônica. Será montado com itens de fácil acesso como régua de plástico e parafusos, além dos materiais específicos como a placa de desenvolvimento *arduino uno*, motores de passo e *drivers* necessários ao funcionamento do protótipo. O desenvolvimento do manipulador visa obter precisão relativamente alta através do motor de passo.

Palavras-chave: Robótica. Motor de passo. Robô paralelo.

ABSTRACT

The need for robots on assembly production lines tend to increase due to the fact it is an investment that makes the productivity increase and lower the expenses with accidents prevention for the coworkers. Therefore the main goal of this paper is developing a five-bar parallel robot designed for peeking and placing of metallic tiny objects. The development of such a project involved the introduction to mechatronics, programming and electronics. It will be assembled with items that can be easily found such as screws and plastic rulers in addition to specific materials such as the arduino uno development board, stepper motors and drivers. The manipulator building aims to obtain high precision through the use of the stepper motor.

Keywords: Robotics. Stepper motor. Parallel robot.

1 INTRODUÇÃO

A robótica é o estudo do desenvolvimento de máquinas voltadas para trabalhos repetitivos, em si a palavra robô, segundo Rodrigues (2013), é oriunda da palavra tcheca “robota” que significa trabalho forçado. A robótica tem aplicações na indústria como em linhas de montagem, na medicina (auxiliando na realização de exames e cirurgias, oferecendo processos menos invasivos quando comparado a cirurgias “abertas”) e em locais com altos níveis de insalubridade. A alta versatilidade e produtividade é o que permite que produtos eletrônicos e elétricos estejam a preços acessíveis no mercado.

Os robôs são compostos de partes elementais chamadas de elos que são unidos à cadeia cinemática por juntas que podem ser, de acordo com Júnior (2021), de revolução ou prismáticas. Quando leva-se em consideração a cadeia cinemática, tipos diferentes de manipuladores robóticos podem possuir a mesma quantidade de juntas e elos e por isso serem tecnicamente iguais, no entanto o que os diferencia entre si é a disposição desses elementos em um diagrama de corpo livre, um exemplo dessa duplidade são os robôs do tipo SCARA e os paralelos de cinco barras. Os manipuladores robóticos voltados às atividades de “pick and place”, ou seja, ao posicionamento de pequenos objetos com alta acurácia são largamente empregados no ramo da biotecnologia manipulando substâncias químicas e bio-orgânicas, no posicionamento de componentes eletrônicos em placas de circuito impresso em processos industriais sem falar em suas aplicações didáticas no campo da robótica em ambiente acadêmico.

Neste sentido, o presente trabalho visou desenvolver um manipulador robótico paralelo de cinco barras de tipologia “RRRRR”. O controle dos atuadores foi realizado por meio do *driver uln2003* voltado para o controle dos dois motores de passo. O manipulador possuía 2 juntas rotativas acopladas mecanicamente diretamente aos motores e 3 passivas que se movimentassem de acordo com o posicionamento das duas anteriores caracterizando, portanto, 5 juntas de rotação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Mataric (2007), um robô é um sistema autônomo que existe no mundo físico, pode detectar o ambiente em que se encontra e é capaz tomar decisões para alcançar determinados objetivos. Existem várias máquinas complexas que são teleoperadas contudo devido à falta de autonomia tais máquinas não podem ser classificadas como robôs. Simulações de robôs também não podem ser considerados robôs pois não tem que lidar com as leis físicas e condições ambientais. Uma máquina que interage de forma aleatória no ambiente não pode ser considerado um robô logo faz-se necessária a utilização de sensores e do objetivo por trás da tomada de decisão do robô.

Conforme Gasparetto (2019), a primeira geração de robôs industriais é oriunda do período que compreende os anos de 1950 a 1967. Essas máquinas não possuíam alimentação de dados do mundo externo, os primeiros atuadores eram pneumáticos e eram controlados por “portas lógicas” atuando como reguladores automáticos. Tais “portas lógicas” eram, em poucas palavras, válvulas pneumáticas ou relês em conjunto com válvulas solenoides dada tal simplicidade só eram capazes de realizar tarefas como carregamento e descarregamento de mercadorias e manipu-

lação de materiais. A segunda geração de robôs foi de 1968 à 1977 usavam servo mecanismos e eram máquinas com elevado grau de programabilidade, em um nível básico, e tinham capacidades limitadas de se adaptarem e reconhecerem o ambiente no qual estavam inseridas. Esses robôs utilizavam microprocessadores ou PLCs como fonte de controle além disso eles também poderiam ser programados com um “teachbox” (dispositivos que registram e memorizam movimentos mecânicos de robôs). O nível de versatilidade de tais máquinas é baixo pois cada uma precisava de um software voltado para somente uma atividade determinada.

Por volta de 1978 à 1999 a terceira geração que era caracterizada por uma grande interação entre os operadores e o ambiente. Conforme Zamalloa (2017), eram robôs reprogramáveis servindo assim para mais de uma função, surgiram novas linguagens de programação, e tem a inclusão parcial de visão artificial e eles agora tem computadores dedicados ao controle.

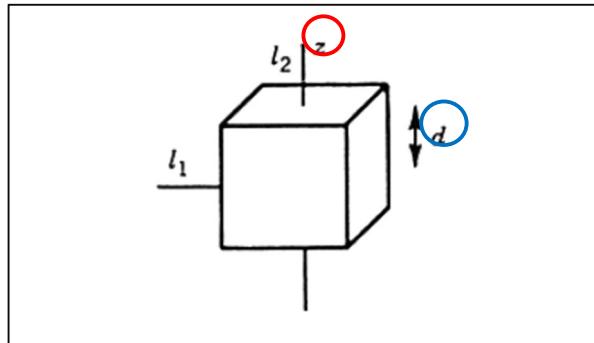
Os robôs da 4º geração tem a inclusão de técnicas de computação, os computadores não trabalham somente com dados como também trabalham com raciocínio lógico e tem a capacidade de aprender. A inteligência artificial passa a ser utilizada tanto parcialmente quanto experimentalmente. Robôs colaborativos são introduzidos. Devido aos sensores mais sofisticados as máquinas podem basear sua tomada de decisão em dados mais precisos que são processados através de técnicas de controle complexas.

2.2 Aspectos Construtivos dos Robôs

Os robôs, instintivamente, possuem partes móveis destinadas à realização de movimento, tais partes podem ser concebidas, de acordo com Júnior (2021), como juntas, e podem ser subdivididas em:

- Juntas rotativas ou de revolução (R);
- Juntas de translação ou prismáticas (P);

A juntas de revolução (R) têm a função de conceder movimento rotacional em determinado eixo do manipulador robótico, na figura abaixo podemos ver a representação desse elemento.

Figura 1 - Topologia Geométrica de uma Junta Rotacional.

Fonte: Modificado de Júnior (2021, p. 7).

Na imagem acima, demarcado pelo círculo vermelho, vemos o vetor que sinaliza o descolamento pelo eixo z (demarcado em amarelo). Como visto acima, as juntas – ou ainda, articulações – são os elementos cinemáticos que oferecem moção aos chamados, conforme Tronco (2021, p. 5), elos ou links.

Outro conceito importante a ser discutido concernente ao tema proposto é o de espaço de trabalho.

Para Júnior (2021, p. 8):

O espaço de trabalho de um manipulador é o volume total percorrido pelo efetuador (órgão terminal ou ferramenta) dadas todas as possibilidades de execução de movimento do robô. O espaço de trabalho é limitado pela geometria do manipulador, bem como pelas restrições físicas das juntas (limites mecânicos).

Dada a definição do espaço de trabalho dos manipuladores robóticos como o corpo volumétrico formado pelos pontos infinitesimais possíveis de alcance do efetuador do manipulador, isto é, o instrumento implementado na última junta do manipulador; bem como uma breve apresentação dos elementos que compõe os manipuladores - como as juntas e elos - podemos então, logo abaixo ver os tipos mais comuns de manipuladores e seus respectivos espaços de trabalho.

2.2.1 Morfologia dos Manipuladores Robóticos

Quanto à estrutura de manipuladores robóticos podemos classificá-las da seguinte maneira:

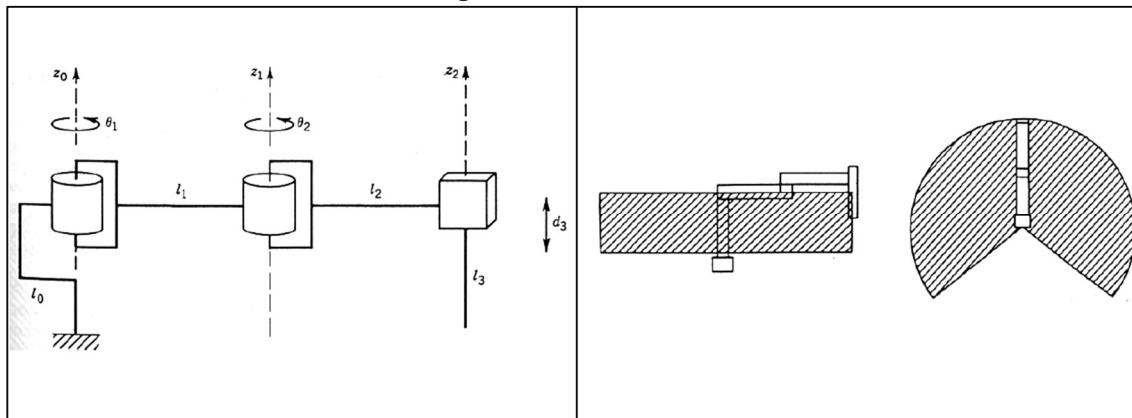
2.2.1.1 Robôs SCARA (RRP) – Selective Compliant Articulated Robotic Arm

Temos também, os robôs do tipo SCARA – acrônimo em inglês para Braço Robótico Articulado de Complacência Seletiva – são máquinas capazes de adaptar-se à determinados esforços oriundos do ambiente de trabalho. Por serem amplamente utilizados em processos de montagem, eles podem tolerar seletivamente os empe-

cilhos - como desalinhamento de peças durante o encaixe das mesmas - fazendo pequenas varreduras até que a tarefa seja totalmente realizada.

De forma simplificada, o manipulador robótico SCARA possui duas ou três juntas de revolução paralelas tendo seu efetuador final sendo operado por uma junta prismática. Na figura abaixo vemos a exemplificação de seu espaço de trabalho bem como a sua representação em uma cadeia cinemática.

Figura 3 - Robô SCARA.



Fonte: Modificado de Júnior (2021, p. 14).

Como podemos observar na figura 3, os robôs do tipo SCARA possuem espaço de trabalho semelhante ao dos robôs cilíndricos, tendo como diferencial o número de juntas rotativas em comparação ao número de juntas prismáticas.

2.2.1.2 Robôs Paralelos de Cinco Barras (RRRRR)

Por fim, os robôs paralelos de cinco barras possuem uma estrutura análoga à junção de dois braços robóticos articulados, seção 6.2.2, tendo no local de seus respectivos efetuadores uma junta prismática usualmente utilizada para a manipulação ao longo do eixo z. Na figura abaixo vemos a foto um exemplar.

Figura 4 - Robô Paralelo de Cinco Barras.



Fonte: Modificado de Bigras et al. (2010, p. 5).

Na figura 4, podemos ver a composição básica de um manipulador robótico paralelo de cinco barras e demarcado em vermelho podemos observar as juntas de revolução que, nesse espécime, oferece uma dinâmica de movimentos mais arrojada quando comparada a outros tipos de manipuladores.

Os robôs paralelos de cinco barras movimentam-se majoritariamente no plano horizontal, nos eixos x e y, tendo apenas seu efetuador final movendo-se no eixo z. Por esse motivo ele é considerado um manipulador 2 DOF (graus de liberdade), isto é, eixos em que movimento é permitido.

Ao adentrar no campo da robótica, é importante não somente ater-se à cinemática e constituição mecânica dos manipuladores robóticos mas também à sua dinâmica, isto é, como e através de que o movimento será realizado. Partindo desse conchavo, abordar-se-á sobre os atuadores, o que são, tipos existentes etc.

2.2.2 Atuadores

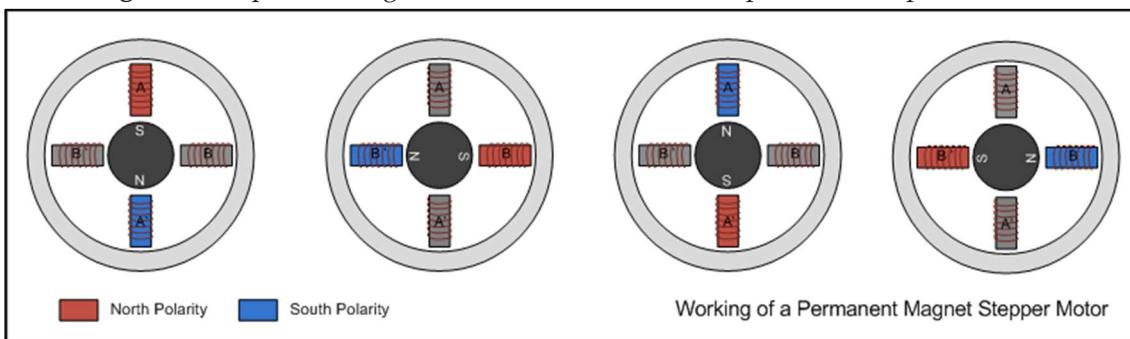
Os atuadores são os elementos que, de fato, dão vida aos manipuladores robóticos, através deles as juntas rotacionais e prismáticas podem operar. Os atuadores mais comumente utilizados em manipuladores robóticos são: pneumáticos, hidráulicos, motores elétricos etc. Abaixo podemos ver exemplos dos atuadores citados.

- Atuador Pneumático: Os atuadores pneumáticos utilizam ar para realizar trabalho. Para o seu funcionamento largo aparato de pressurização é demandado, fazendo com que sua montagem não se torne viabilizada para qualquer aplicação.
- Atuador Hidráulico: Os atuadores hidráulicos, por sua vez, utilizam fluidos como óleo ou água para a realização de trabalho. Por conta disso a sua construção apresenta alta robustez podendo atuar com cargas maiores e com mais precisão, perdendo, no entanto, no quesito velocidade.
- Motores elétricos: Os atuadores movidos por motores elétricos são inúmeros em vista que existem centenas de designs de motores elétricos voltados a esta aplicação. Podemos citar, no entanto, os mais utilizados para esta aplicação:

2.2.2.1 Motor de Passo

Os motores de passo mais comuns e mais amplamente aplicados são os de imã permanente que de forma sintética, possuem em seus eixos imãs de regime permanente (uma construção mais simplificada). Possuindo, assim, a vantagem de que os campos magnéticos gerados pelas bobinas sejam amplificados pelo campo magnético já existente do imã no eixo, fazendo, dessa forma com que haja maior potência durante a partida do motor. Na figura 5, podemos visualizar o comportamento de um motor de passo.

Figura 5 - Esquema de ligação interno de um motor de passo de imã permanente.



Fonte: Modificado de Agnihotri (2011).

Como podemos ver acima, quando corretamente polarizadas as bobinas criam um campo eletromagnético que faz o imã permanente – e consequentemente o rotor – alinhar-se a ele e por meio do acionamento padronizado das bobinas do motor faz-se possível o controle de velocidade e posição do motor, Agnihotri (2011).

2.2.3 Sistemas de Controle

No que tange aos sistemas de controle de manipuladores robóticos é natural pensar nos elementos que promovem moção e realizam trabalho nesses dispositivos: os atuadores. Nesse caso, por questões ainda a serem levantadas em capítulos conseqüentes nesse estudo optar-se-á pela escolha motores de passo de imã permanente. De maneira geral, os motores de passo de imã permanente possuem um par de bobinas para a interação com o núcleo magnetizado, sendo assim o seu controle pode ser efetuado de forma simples com transistores. O acionamento sistematicamente programado dos transistores faz, portanto, com que o eixo do motor rotacione.

Os chamados *drivers* são, portanto, circuitos integrados voltados justamente para o controle dos mais diversos tipos de motores, dependendo da aplicação e finalidade.

3 METODOLOGIA

O presente estudo possui caráter descritivo onde através de pesquisas bibliográficas foram reunidas informações sobre a geometria mais viável para um manipulador robótico voltado para aplicações de “*pick and place*”(pegar e posicionar) levando em consideração o ponto de vista logístico e econômico.

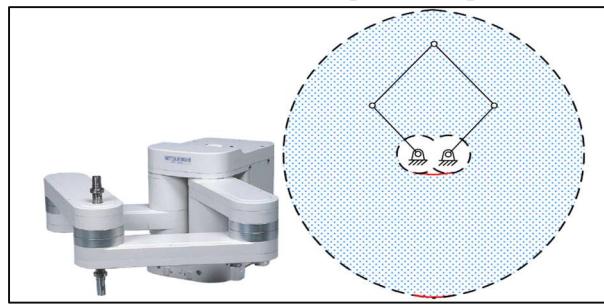
3.1 Escolha da Geometria do Manipulador Robótico e Redimensionamento

Diante da literatura consultada optou-se pelo desenvolvimento de um manipulador robótico paralelo de cinco barras, seção 3.2.1.5, baseando-se no *design* proposto por Bourbonnais et al (2010). Dentre os outros motivos que cercam a escolha dessa tipologia de manipulador estão:

- Construção abreviada;
- Número reduzidos de atuadores;
- Controle eletrônico simplificado.

O *design* exemplo a ser praticado no decorrer deste trabalho é pertencente à *Mitsubishi Electric* modelo RP-5AH, a seguir.

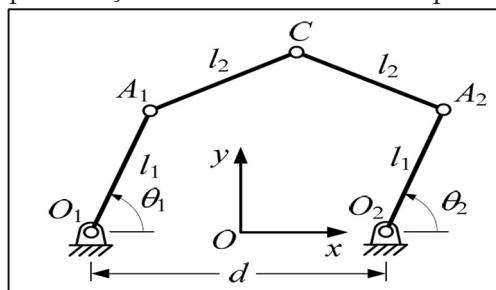
Figura 6 - Robô RP-5AH e seu respectivo espaço de trabalho.



Fonte: Modificado de Figielski et al (2014, p. 2).

De forma parelha, as proporções do protótipo a ser desenvolvido serão as mesmas do modelo da empresa japonesa. Para um melhor entendimento das dimensões propostas para o manipulador robótico segue abaixo um diagrama de corpo livre representando a constituição cinemática do mesmo.

Figura 7 - Representação cinemática de um robô paralelo de barras.



Fonte: Modificado de Figielski et al (2014, p. 2).

Conforme observamos acima, O_1 e O_2 representam os juntas rotativas que comportam os atuadores. A_1 , A_2 e C (junta onde o efetuador final é posicionado), por sua vez, também representam juntas rotativas não apresentando, no entanto, atuadores. Essas juntas movem-se a partir do produto da rotação das juntas O_1 e O_2 .

. O elemento **C** por sua vez corresponde ao efetuador final. Os componentes **L₁** e **L₂** representam respectivamente os elos que correspondem aos “braço” e “antebraço” do manipulador; e o elemento **d** corresponde a distância entre os eixos dos motores.

Os elementos **L₁**, **L₂** e **d** são as dimensões utilizadas para o desenvolvimento do protótipo neste estudo. De acordo com Bourbonnais et al (2010), tais dimensões no modelo RP-5AH correspondem a **L₁ = 200 mm**, **L₂ = 260 mm** e **d = 85 mm** a partir dessas medidas pode-se, então, definir as proporções dos elos do manipulador como:

- $L_2 \cong 3,0588 \times d$
- $L_1 \cong 2,3529 \times d$

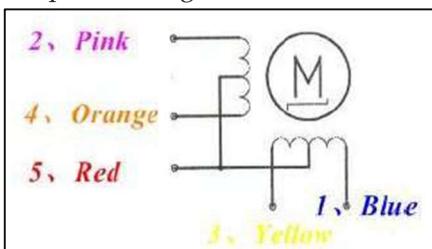
3.2 Materiais eletrônicos

Nesta seção serão abordados todos os materiais utilizados na construção do protótipo.

3.2.1 Motor de Passo 28BYJ-48 – 5V

A escolha do motor de passo unipolar de imã permanente 28BYJ-48 – 5V se deu pelo seu baixo custo, pela facilidade no seu acionamento e pelo controle preciso de sua posição angular. Esse modelo de motor de passo pode ser considerado unipolar pois o seu par de bobinas é conectado na configuração *tap*, na qual no ponto intermediário das bobinas há a conexão do pólo positivo da alimentação restando então quatro pólos a serem ligados à alimentação, conforme a figura 8.

Figura 8 - Esquema de ligação interna do 28BYJ-48 - 5V.



Fonte: Modificado de Kiatronics (2021).

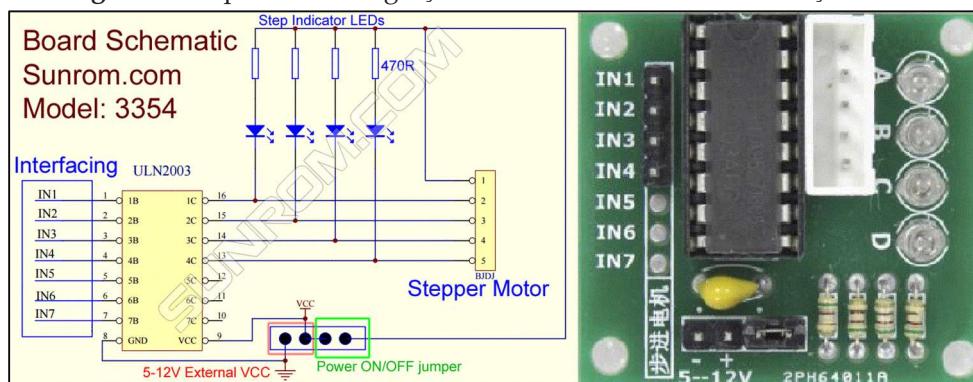
Esse modelo de motor de passo possui uma caixa de redução, caixas de redução são feitas utilizando combinações de engrenagens e são utilizadas para diminuir a velocidade e aumentar o torque, de acordo com TANG (2020) entre as engrenagens há um pequeno vão que causa imprecisão nas aplicações em que são utilizados devido a perda de movimentação, a existência desse vão ocorre porque a produção de engrenagens não é 100% perfeita e a produção deve levar em conta a

uma tolerância em relação expansão dos materiais devido ao aumento de temperatura outro motivo é que deve se deixar um espaço que permita lubrificação. *Backlash* é o termo utilizado para descrever o erro que esse não ocasiona quando a mudança na direção que a carga está sendo levada. Somente motores com engrenagens harmônicas não tem backlash.

3.2.2 Driver ULN 2003

Será utilizado o driver *ULN2003* que possibilitará controlar o motor de passo utilizando apenas 4 bits de controle, isto é, quatro saídas digitais do microcontrolador. O motor de passo é de tipologia sem escovas que proporciona ao motor uma velocidade constante não importando a carga que esteja sobre ele, a menos que a carga acoplada sobre o sistema seja maior que o limite do motor. Na imagem a seguir podemos ver o esquemático de ligação e a construção física do *driver*.

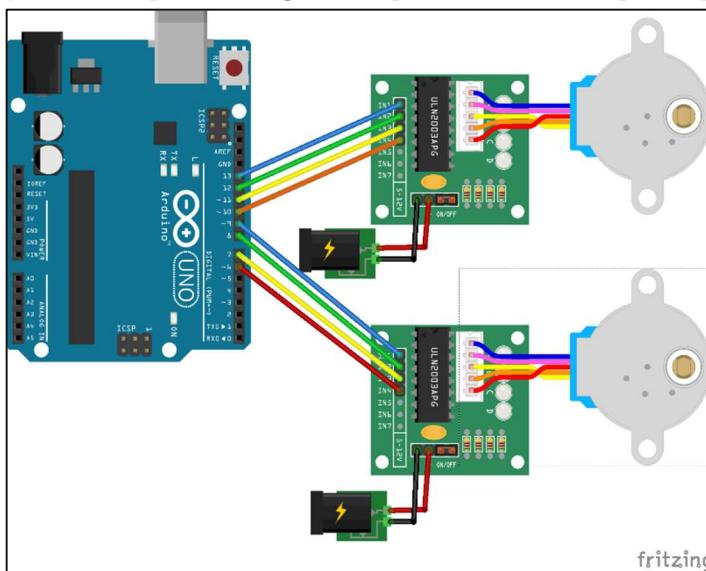
Figura 9 - Esquema de integração do *driver* ULN 2003 e construção física.



Fonte: Modificado de Eletrogate (2021).

O controle do motor de passo será implementado de acordo com a figura 9, logo acima, onde a fonte será de 5V pois essa é a capacidade suportada por este modelo de motor e o microcontrolador utilizado será o ATMEGA 328P encontrado na placa de desenvolvimento arduino UNO. Um dos *drivers* terá os respectivos conectores IN1, IN2, IN3 e IN4 ligados aos pinos D13, D12, D11 e D10 da placa arduino e o segundo driver será vinculado aos pinos D9, 8D, D7 e D6 do arduino UNO. Os drivers serão alimentados por fontes de corrente contínua de 5V o mesmo vale para o arduino.

Figura 10 - Esquema de ligação da parte eletrônica do protótipo.



Fonte: Autores (2021), imagem gerada com auxílio do software *Fritzing*.

3.2.3 Montagem da estrutura mecânica

Os materiais utilizados na montagem da parte mecânica do protótipo foram:

- 5 Parafusos 3x30mm.
- 4 Réguas de plástico de 15cm.
- 5 Porcas.
- 5 Arruelas.
- 2 Bornes Sindal, encontrados em conectores barra.

As réguas foram utilizadas como os elos (ou estrutura) do manipulador, os parafusos, brocas e arruelas foram utilizados para acoplar os elos e assim constituir as juntas rotacionais passivas do manipulador. E o borne sindal foi utilizado no acoplamento das seções do manipulador responsáveis pela transferência de movimento do eixo do motor à estrutura em si, como ilustra a figura 12.

3.2.4 Programação

Através da *arduino IDE*, o microcontrolador ATMEGA 328P foi programado para que os motores operassem a passo completo (sendo um passo equivalente a $0,1758^\circ$) e com alto torque. Isso foi possível através do código, visto na figura abaixo, que instrui o *driver UL2003* a movimentar o eixo do motor exatamente 200 passos, que por sua vez correspondem a aproximadamente $35,16^\circ$.

Para todas as posições utilizadas na metodologia dos testes o código permanecia o mesmo mudando apenas, de acordo com o teste, o sentido de rotação dos mo-

tores. Para isso, como visto na linha 17 da figura 11, se era implementado ora “200” ora “-200”; este artifício ocasionava na mudança do sentido de rotação do motor.

Figura 11 - Esquema de ligação da parte eletrônica do protótipo.

```

1 #include <Stepper.h>
2 const int stepsPerRevolution = 2048;
3
4 Stepper myStepper = Stepper(stepsPerRevolution, 13, 11, 12, 10);
5 Stepper myStepper2 = Stepper(stepsPerRevolution, 9, 7, 8, 6);
6
7 void setup()
8 {
9     int vel=5;
10    myStepper.setSpeed(vel);
11    myStepper2.setSpeed(vel);
12 }
13 void loop()
14 {
15
16    delay(3000);
17    for (int i=0; i<200; i += 1)
18    {
19        myStepper.step(1);
20        myStepper2.step(1);
21    }

```

Fonte: Autores (2021).

3.2.5 Metodologia de testes e análise

Após a construção do protótipo, o mesmo foi montado sobre uma prancheta de MDF e ancorado com parafusos e porcas; sobre a superfície da prancheta uma folha de papel quadriculado foi posicionado para o auxílio na aferição das posições do efetuador final.

Com o protótipo e a bancada de testes então finalizados, uma posição inicial foi arbitrada, essa foi considerada a origem de um plano cartesiano. Partindo da origem o efetuador final do manipulador, de acordo com os testes pré-definidos realizaria os movimentos para frente, pra esquerda e para a direita e para trás.

Aos motores, portanto, foram dados comandos para que seus eixos efetassem 200 passos que é o equivalente a um giro de aproximadamente $35,16^\circ$. A escolha do sentido dos motores foi pensada para que o efetuador final se movesse nos seguintes sentidos: linha reta para frente, linha reta para trás, linha reta à direita e linha reta à esquerda.

Cada vez que o manipulador executava quaisquer que fossem os movimentos citados acima, eram conferidas as medidas de desvio do efetuador final em relação à origem, isto é, sua variação no eixo das abscissas e no eixo das ordenadas. Foram efetuadas, desse modo, 10 aferições de desvio do efetuador final em relação ao pon-

to de origem no eixo X e no eixo Y para cada movimento que o mesmo executava, utilizando, para tanto, um paquímetro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

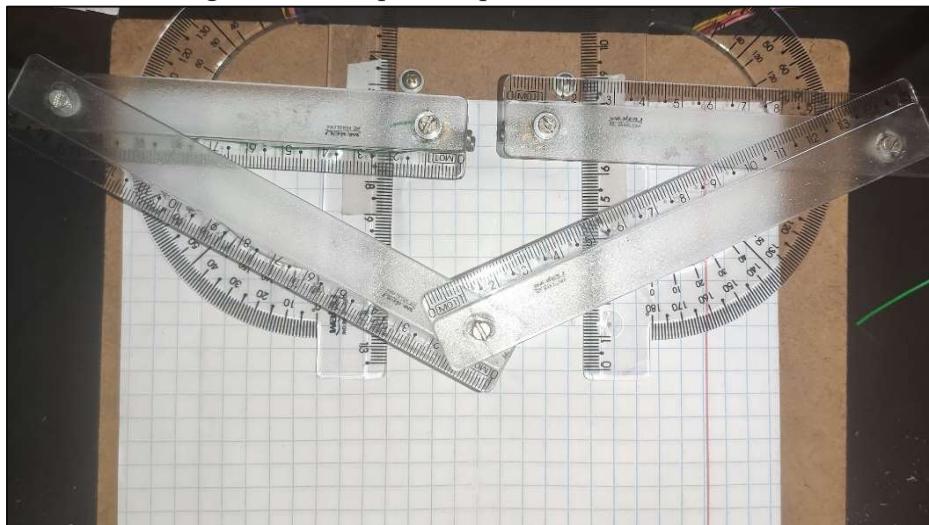
4.1 Estrutura

Como já abordado nas seções 3.1 e 3.2.3 deste estudo, seguem, portanto, as dimensões correspondentes de cada elo do manipulador como sendo:

- $d = 30 \text{ mm}$
- $L_1 \cong 100 \text{ mm}$
- $L_2 \cong 130 \text{ mm}$

A constituição da parte mecânica do manipulador robótico foi, de forma simplificada, feita por réguas de plástico de 15 cm. As réguas, por sua vez, foram perfuradas com auxílio de um ferro de solda e os furos realizados nas réguas são destinados à fixação das “barras” umas nas outras que posteriormente foram acopladas ao eixo dos motores, assim como na figura abaixo.

Figura 12 - Manipulador paralelo de cinco barras.



Fonte: Autores (2021).

4.3 Programação

Através da biblioteca das funções da biblioteca “*Stepper.h*” o microcontrolador será capaz de enviar pulsos corretos que farão o chaveamento das bobinas do motor. Fora das funções principais do código, nas linhas quatro e cinco, são criados duas instâncias da classe “*Stepper*” que definem os pinos do microcontrolador e o número total de passos necessários para uma revolução, isto é, uma volta completa. Dentro da função “*void setup()*”(na linha 7) é armazenada, nas mesmas instâncias ci-

tadas anteriormente, a velocidade de chaveamento das bobinas dos motores. Como o arduino, por sua vez, executa apenas uma linha de comando por vez, ele faz com que cada motor se movimente de forma dessincronizada, para corrigir isso se fez necessária a utilização da estrutura “loop for”, na linha 17, que faz com que cada motor dê apenas um passo por vez esse processo ocorre muito rapidamente se repetindo 200 vezes fazendo criando a ilusão que os motores estão movendo de forma simultânea até atingirem o ângulo de 35,16°.

4.4 Dados das Medições

Tabela 1 - Movimentos e coordenadas obtidas.

	P1 Efetuador final vai para a frente.	P2 efetuador final vai para trás.	P3 Efetuador final vai para a direita	P4 efetuador final vai para a esquerda				
	Coordenadas do efetuador	Coordenadas do efetuador	Coordenadas do efetuador	Coordenadas do efetuador				
Eixo x (mr	Eixo y (mr	Eixo x (mr	Eixo y (mr	Eixo x (mr	Eixo y (mr	Eixo x (mr	Eixo y (mr	
3	79	3	83.5	31.5	-5	29.5	-1	
3.5	78	2.5	83.5	30	-7	29	-1	
5	81.5	2.5	84	30	-6.5	29	-1.5	
5	79	2	84	30	-7	29	-1.5	
4	79	3.5	83.5	30	-4.5	28	0	
4.5	83	2.5	84	35.5	-5.5	28	-1	
4.5	80.5	2.5	83.5	32	-4.5	28	-0.5	
4	81	2.5	84.5	30.5	-5	28.5	-1	
5.5	81	1.5	83.5	29.5	-4	28.5	-0.5	
Media	4.333333	80.22222	2.5	83.77778	31	-5.44444	28.61111	-0.88889
DP	0.790569	1.583333	0.559017	0.363242	1.870829	1.130388	0.546453	0.485913
Media V.D	80.625678		83.573321		30.805844		28.517538	
DP vetor.dis	1.6019356		0.3597185		1.8267872		0.5547668	

Fonte: Autores (2021).

A tabela 1 traz dez amostragens das coordenadas obtidas após o acionamento dos motores para 4 diferentes movimentos. O desvio padrão calculado pode ser lido como uma possível variação em relação à média de uma amostra de dados.

Em teoria, o comando enviado ao motor 1 de mover-se 200 passos no sentido horário e ao motor 2 de mover-se 200 passos no sentido anti-horário deveria fazer com que o efetuador final se mova em linha reta para frente sempre alcançando as mesmas coordenadas. Contudo, foi observado que ao invés de se manter no valor 0 (tanto para X quanto para Y), no eixo das abscissas ele desvia em média $4,3 \pm 0,79$ milímetros e o valor alcançado nas ordenadas pode variar de 78 mm a 81,5 mm sendo que essa série de dados tem valor central de $80,2 \pm 1,58$ mm.

Devido a repetibilidade do erro no eixo das abcissas é possível com a redução do numero de passos nesse motor obter um valor mais próximo de 0. O maior desvio do sistema, tratando-se dos vetores decompostos, é $\pm 1,87\text{mm}$ e se deu no eixo x, no movimento p3 o menor foi no eixo y do movimento p2 cujo erro foi de $\pm 0,36\text{mm}$. Os dados indicam que o sistema poderia ser utilizado em aplicações que tolerem a imprecisão de até $\pm 1,82\text{mm}$ no vetor distância. Parte da imprecisão se da devido ao *backlash* presente em todos os motores que utilizam engrenagens. Também deve se levar em conta possível erro na medição.

5 CONCLUSÃO

Com este trabalho notou-se a complexidade da elaboração e desenvolvimento de um protótipo de manipulador robótico paralelo de 5 barras utilizando materiais de baixo custo. A precisão do posicionamento é $\pm 1,82\text{mm}$ quando utilizados motores 28BYJ-48 e o método de controle “passos completo”.

Para trabalhos futuros espera-se realizar novos testes com a variável velocidade em diferentes valores, afim de averiguar se há uma correlação entre a perda de passos e a velocidade do motor. Além disso, espera-se realizar a substituição da estrutura por uma feita em uma impressora 3D, isto é, com um processo de fabricação em alta resolução espera-se aumentar a precisão do manipulador, junto com a mudança do método de controle para “*half-steps*” ou, para aumentar ainda mais a precisão, a troca do *driver* ULN2003 por outro que suporte o método de controle “*micro-stepping*” e a implementação de um motor de passo com engrenagens harmônicas. Pode-se, também, afim melhorar a resolução do manipulador robótico, implementar um sensor de ângulo rotativo assim promovendo um controle de correção de erros em tempo real.

REFERÊNCIAS

AGNIHOTRI, Nikhil. Esquema de ligação interno de um motor de passo de imã permanente. 18 de fevereiro de 2011. Il. color. Disponível em: <https://tinyurl.com/4z7uad3k>. Acesso em: 07 de abril de 2021.

BIGRAS, P. ; BONEV, L. A. ; BOURBONNAIS, F. ; CAMPOS, L. Development of a Five-Bar Parallel Robot with Large Workspace. Acesso em: 05 de abril de 2021.

BIGRAS, P. ; BONEV, L. A. ; BOURBONNAIS, F. ; CAMPOS, L. Robô Paralelo de Cinco Barras. Il. color. Acesso em: 05 de abril de 2021.

CAMPOS, Lucas & Bourbonnais, Francis & Bonev, Ilian & Bigras, Pascal. (2010).

Development of a Five-Bar Parallel Robot With Large Workspace. Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference. 2. 10.1115/DETC2010-28962.

Eletrogate. Guia Completo do Motor de Passo 28BYJ-48 + Driver U L N 2 0 0 3 . (2018). Disponivel em: <<https://blog.eletrogate.com/guia-completo-do-motor-de-passo-28byj-48-driver-uln2003/>>. Acesso em: 27 de Outubro. 2021.

Fernando Koyanagi. Motor de passo com arduino. (2018). Disponivel em:<<https://www.fernandok.com/2017/12/motor-de-passo-com-arduino-e-o-driver.html>>. Acesso em: 08 Abr. 2021.

Gasparetto, A., & Scalera, L. (2019). A Brief History of Industrial Robotics in the 20th Century. *Advances in Historical Studies*, 8, 24-35.<https://doi.org/10.4236/cm.2019.81002> Hiroshi Makino, "Development of the SCARA," *J. Robot. Mechantron.*, Vol.26, No.1, pp. 5-8, 2014.

JÚNIOR, José Alberto Naves Cocota. Elementos de Robótica. Acesso em: 03 de abril de 2021.

JÚNIOR, José Alberto Naves Cocota. Robô Antropomórfico. Il. color. Disponível em: <https://tinyurl.com/4z7uad3k>. Acesso em: 07 de abril de 2021.

JÚNIOR, José Alberto Naves Cocota. Robô Cartesiano. Il. color. Disponível em: <https://tinyurl.com/4z7uad3k>. Acesso em: 07 de abril de 2021.

JÚNIOR, José Alberto Naves Cocota. Robô Cilíndrico. Il. color. Disponível em: <https://tinyurl.com/4z7uad3k>. Acesso em: 07 de abril de 2021.

JÚNIOR, José Alberto Naves Cocota. Robô SCARA. Il. color. Disponível em: <https://tinyurl.com/4z7uad3k>. Acesso em: 07 de abril de 2021.

JÚNIOR, José Alberto Naves Cocota. Topologia Geométrica das Juntas Prismáticas. Il. color. Disponível em: <https://tinyurl.com/4z7uad3k>. Acesso em: 07 de abril de 2021.

JÚNIOR, José Alberto Naves Cocota. Topologia Geométrica de uma Junta Rotacional. Il. color. Disponível em: <https://tinyurl.com/4z7uad3k>. Acesso em: 07 de abril de 2021.

Laure-Anne Pessina (7 Março 2012). "Reymond Clavel, creator of the Delta Robot reflects on his career". EPFL- School of Engineering. Disponivel em:<<https://sti.epfl.ch/reymond-clavelcreator-of-the-delta-robot-reflects-on-his-career/>>. Acesso em: 30 de mar. 2020.

RODRIGUES, Sérgio. Robô: Até a palavra foi criada em laboratório. Disponível em: <https://tinyurl.com/7xf5322w>. Acesso em: 10 de maio de 2021

MATARIC, Maja J. THE ROBOTICS PRIMER. Massachusetts Institute of Technology, 2007.

SCHWEBER, Bill. Rotary Encoders Critical to Successful Motion-Control Implementation. Disponível em: <https://tinyurl.com/ym6uzvuk>. Acesso em: 05 de abril de 2021.

TANG, Johann. Gear Basics: Backlash vs Lost Motion. 29 Abril de 2020. Disponível em:< <https://blog.orientalmotor.com/gear-basics-backlash-vs-lost-motion>>. Acesso em: 06 de abril de 2021.

TRONCO, Mário Luiz. Robôs Industriais – Conceitos, classificação, aplicação e programação. Acesso em: 03 de abril de 2021.

Zamalloa, I., Kojcev, R., Hernandez, A., Muguruza, I., Usategui, L., Bilbao, A., & Mayoral, V. (2017). Dissecting Robotics – Historical Overview and Future Perspectives.

CAPÍTULO 16

ANÁLISE DE CAMADA DE SOLO COMPACTADO SOBRE SOLO POROSO TÍPICO DA REGIÃO DO PARÁ OBJETIVANDO SUA UTILIZAÇÃO COMO SUPORTE DE PISOS INDUSTRIAIS

*ANALYSIS OF COMPACT SOIL LAYER ON POROUS SOIL
TYPICAL IN THE REGION OF PARÁ AIMING ITS USE AS A
SUPPORT FOR INDUSTRIAL FLOORS*

Kaic Leal Viana¹
Rosinaldo de Moura Araújo²
Marlyson José Silveira Borges³

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.16

¹ kaic655@gmail.com

² rosinaldoaraujo.002@gmail.com

³ Silveira-Borges@hotmail.com

RESUMO

Este artigo é voltado para o projeto de pisos industriais executados sobre solos porosos que cobrem grande parte do oeste do Estado do Pará, onde até o presente momento o número de pesquisas voltadas para pisos industriais neste tipo de solo é pequeno.

O método usual de obter o módulo de reação vertical através de correlação com o índice CBR obtido com amostras compactadas, não leva em consideração a deformabilidade do solo no seu estado natural. Esse procedimento pode ser inadequado para estes solos porosos, apesar de ser bastante empregado. O bom desempenho desses pisos pode ser fortemente dependente da espessura de 0,50m de solo compactado adotada como prática construtiva.

Pelo método usual (correlação com CBR) não se pode avaliar o comportamento do solo para diferentes espessuras de solo compactado, nem mesmo a hipótese de não usar esta camada. Neste trabalho, a deformabilidade do solo nos seus estados compactado e natural será estudada utilizando-se provas de carga sobre placa, ensaios de compressão triaxial e ensaios CBR. Desta maneira, se aprofunda o conhecimento deste parâmetro, bem como a influência da camada de solo compactado com diferentes espessuras.

Palavras-chave: Conhecimento. Índice. Procedimento. Comportamento. Desempenho.

ABSTRACT

This article is focused on the design of industrial floors executed on porous soils that cover a large part of the western part of the State of Pará, where, until now, the number of researches focused on industrial floors in this type of soil is small.

The usual method of obtaining the vertical reaction modulus through correlation with the CBR index obtained with compacted samples does not take into account the deformability of the soil in its natural state. This procedure may be inadequate for these porous soils, despite being quite used. The good performance of these floors can be strongly dependent on the 0.50m thickness of compacted soil adopted as a construction practice.

By the usual method (correlation with CBR) it is not possible to evaluate the behavior of the soil for different thicknesses of compacted soil, not even the hypothesis of not using this layer. In this work, the deformability of the soil in its com-

pacted and natural states will be studied using load-on-plate tests, triaxial compression tests and CBR tests. In this way, the knowledge of this parameter is deepened, as well as the influence of the compacted soil layer with different thicknesses.

Keywords: Knowledge. Index. Procedure. Behavior. Performance.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, houve um crescimento do número de obras em todo o Brasil, sendo que os atuais patamares de qualidade e competitividade fomentam a busca por maior aproveitamento de recursos naturais e econômicos, sem prejuízo da segurança e qualidade das obras. As exigências de durabilidade, nivelamento e planicidade dos pisos industriais tendem a serem cada vez maiores no mercado nacional, isso ocorrendo em um contexto onde o tempo disponível para estudo, projeto e execução é cada vez mais curto.

O piso industrial, por ser de alto desempenho ou piso de alta resistência, é amplamente utilizado em ambientes com cargas atuantes elevadas onde o piso necessita suportar o tráfego ou qualquer outro tipo de carga aplicada sobre ele.

O comportamento de uma laje sobre solo é bastante complexo de forma que simplificações são necessárias para a prática de projeto. Tendo em vista este fato, existem diferentes modelos para representar o problema (RODRIGUES et al., 2006; SENÇO, 1997; ACI 360R-06).

No caso da recuperação de pisos industriais, a instalação inadequada e cargas elevadas dão origem a trincas e fissuras; onde o cálculo incorreto da estimativa de peso, movimentação de máquinas, tráfego, e qualquer tipo de carga a que o piso estará submetido, torna o mais sensível; este erro pode exigir esforços maiores do que os suportados pelo projeto, correndo risco de começar a surgirem patologias no piso.

Os problemas também podem surgir quando a concretagem não é feita de maneira correta, com surgimento de bolhas de ar e falhas de cobrimento mínimo de armadura. Dessa forma, é preciso controlar as ações por meio de um cálculo preciso, dimensionado corretamente o volume de armação do concreto e execução de juntas de dilatação, durante a fase inicial do processo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Solos Colapsíveis

Os solos colapsíveis são solos não saturados que apresentam uma estrutura porosa potencialmente instável, e que, estando sob a ação de um carregamento, tem uma redução brusca de índices de vazios, mediante o aumento de certo teor de umidade. Para tanto, é necessário que exista uma cimentação ou sucção, que mantenha a estrutura do solo estável em seu estado natural, mas que, sob a atuação do fluido de inundação, se perca, instabilizando a estrutura do solo e levando ao colapso. A colapsibilidade do solo pode acarretar danos em edificações, pisos e pavimentos devido à expressiva magnitude dos recalques diferenciais, ser ocasionado por meio de ruptura de tubulações, alagamento do terreno, rebaixamento do nível d'água, entre outros (GON, 2011).

Os solos tropicais apresentam peculiaridades que os difere dos solos oriundos de climas temperados. As condições climáticas típicas das regiões tropicais levam a formação de solos como os solos lateríticos, caracterizados em sua formação pela intensa migração de partículas sob a ação de infiltrações e evaporações, dando origem a um horizonte superficial poroso, permanecendo quase que exclusivamente os minerais mais estáveis – quartzo, magnetita, ilmelita e caulinita. Nesses solos é comum a agregação das partículas de argila e silte, pela ação dos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, o que dá aos solos lateríticos características de comportamentos mecânicos e hidráulicos não condizentes com a sua textura. (BENATTI, 2010).

Vargas (1978) introduziu no Brasil pela primeira vez, os termos colapsível e colapsabilidade, onde definia que os solos porosos de arenito, os grãos grossos de areia uniforme são ligados entre si por um coloide argiloso, resultando uma estrutura colapsível (ao saturar-se), e muito compressível. Este solo, que seco se mantém em cortes verticais, perde sua resistência ao se saturar.

Segundo Vilar (1979), existem solos colapsíveis que, ao serem inundados, entram em colapso apenas pelo próprio peso da camada. Em outros, o colapso está associado a uma sobrecarga. Entretanto, mais frequentemente, o fenômeno ocorre por uma combinação do efeito de sobrecarga e do acréscimo do grau de saturação.

Jennings e Knigth (1957) descrevem o mecanismo do colapso da seguinte forma: “quando o solo é submetido a um carregamento em seu estado natural, a estrutura permanece sensivelmente inalterada, e o material de ligação comprime ligeiramente sem resultar em grandes movimentos relativos dos grãos do solo. Neste

estágio, a consolidação ocorre por compressão das partículas finas entre as maiores partículas. Enquanto a umidade permanece baixa as forças micro-cisalhantes locais nas interfaces das partículas de areia, resultantes do carregamento são resistidas sem apreciável movimento dos grãos. Quando o solo sob carregamento ganha umidade e certa umidade crítica é excedida, os vínculos alcançam um estágio em que não podem mais resistir às forças de deformação. A estrutura, então, colapsa.

Segundo Barden *et al.* (1973) existem quatro condições necessárias para a ocorrência de colapso em um solo:

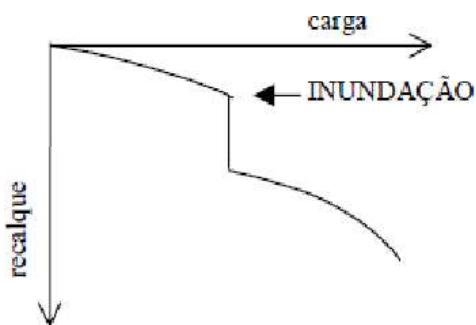
- a) Existência de uma estrutura porosa potencialmente instável;
- b) Existência de uma pressão aplicada que aumenta a instabilidade;
- c) Presença de um alto valor de sucção ou agente cimentante, que estabiliza os contatos intergranulares e que são suscetíveis de enfraquecimento quando umedecidos;

Segundo Villar *et al.* (1981), os ambientes tropicais apresentam condições propícias para o desenvolvimento de solos colapsáveis. Seja pela lixiviação de finos dos horizontes superficiais nas regiões onde se alternam estações de relativa seca e de precipitações intensas, seja pela deficiência de umidade que se desenvolvem em regiões áridas e semi-áridas.

Registros indicam a ocorrência de colapso em vários tipos de solo e em diversos países do mundo. Esses solos podem ser eólicos, aluvionares, coluvionares, residuais ou vulcânicos (FUTAI, 1997)

Devido à grande área de ocorrência de solos colapsáveis no Brasil, é necessário conhecer com mais precisão o comportamento desses solos e considerar adequadamente suas características no projeto de fundações diretas, pisos industriais e pavimentos rígidos.

Para a maioria dos solos, o comportamento tensão-deformação é representado por uma função contínua. No caso dos solos colapsáveis, essa condição só é válida, se for mantida em condição de baixo grau de saturação. Nesses solos, se o grau de saturação for aumentado até certo valor crítico, mesmo sem atingir sua completa saturação, ocorrerá uma redução brusca e acentuada de volume. Devido a esta resposta ao umedecimento, o comportamento tensão-deformação não pode ser caracterizado como contínuo, mas como dependente das variações do teor da umidade (MEDERO, 2005). Um exemplo deste fenômeno é ilustrado na Figura, que representa o recalque adicional devido ao colapso da estrutura do solo. Um exemplo deste fenômeno é ilustrado na Figura, que representa o recalque adicional devido ao colapso da estrutura do solo.

Figura 1 - Conceito Básico de Recalque Adicional Devido ao Colapso

Fonte: JENNINGS e KNIGHT, 1975

Inúmeros problemas ocorreram em construções apoiadas em fundações diretas no Estado de São Paulo devido ao recalque de colapso. Edificações que por muitos anos tiveram desempenho adequado e que, quando houve inundação no solo de apoio devido às chuvas intensas, aumento do nível do lençol freático causado pela construção de barragens, ou vazamentos de tubulações, ocorreram recalques diferenciais repentinamente de grande magnitude (LOBO *et al.*, 2003; AGNELLI, 1992; CINTRA e AOKI; 2013).

Vidal (2012) relata diversos danos em nove conjuntos habitacionais construídos na região da cidade de Bauru, estado de São Paulo. Cada conjunto é constituído de centenas de residências térreas apoiadas em sapatas corridas e *radiers*. A Figura apresenta imagem de satélite de um dos conjuntos habitacionais estudados.

Figura 2 - Vista aérea de um conjunto habitacional

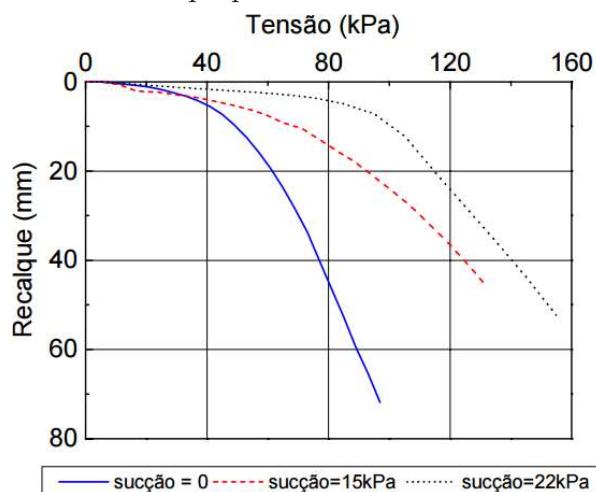
Fonte: VIDAL, 2012

Até o início do século 21, por volta do ano de 2004, a literatura brasileira referente a solos colapsíveis não abordava o tema sob o enfoque da influência da sucção que ocorre em solos não saturados. Entendia-se que o solo colapsável tinha uma certa cimentação natural que se desfazia na presença de certo teor de umidade e estado de tensão (CINTRA e AOKI, 2013).

Com o avanço das pesquisas referente à mecânica dos solos não saturados, e do comportamento de fundações em solos colapsíveis, o tema da colapsividade avançou consideravelmente com a introdução da monitoração da sucção matricial nos ensaios e a demonstração de seu papel relevante no comportamento de fundações em solos colapsíveis (CINTRA e AOKI, 2013).

Para ilustração do efeito da sucção do comportamento de fundações diretas é apresentada a Figura , contendo diferentes curvas tensão-recalque para diferentes níveis de sucção. Com base nessa pesquisa o autor estabelece uma correlação entre a capacidade de carga de uma placa circular de 0,80m de diâmetro assentada a 1,5m de profundidade, na cidade de São Carlos, com a sucção do solo.

Figura 3 - Curvas tensão-recalque para Diferentes Níveis de Sucção (COSTA, 1999)



Fonte: COSTA, 1999

2.1.1 Compactação como melhoramento de solo

Escavar até certa profundidade e aterrar o mesmo material de forma controlada é uma forma de melhorar o solo de suporte de uma fundação direta, pisos e pavimentos em solos colapsíveis, aumentando a resistência, a rigidez e a estabilidade quanto ao colapso, diminuindo a deformabilidade e a permeabilidade (CINTRA e AOKI; 2013).

O método mais utilizado no mundo todo para se construir edificações com emprego de fundações superficiais sobre terrenos porosos e colapsíveis é a remoção da camada superficial e sua recolocação com compactação (RIBEIRO JUNIOR, FUTAI; 2010).

No Brasil não é diferente. O procedimento mais usual de melhoria do solo colapsível, para reduzir substancialmente o recalque de colapso e viabilizar o emprego de fundações por sapatas, tem sido a compactação (CINTRA e AOKI; 2013).

Uns dos primeiros registros dessa técnica no Brasil ocorreu em 1944, em hangares da escola de aeronáutica em Pirassununga - SP, depois houve o registro da construção de um reservatório na rua Consolação na cidade de São Paulo (1951), e na escola de Engenharia de São Carlos no início da década de 60. O reservatório da Rua Consolação foi objeto de estudos recentes e constatou-se que a fundação do mesmo se encontra em perfeito desempenho, sem nenhum dado registrado (RIBEIRO JUNIOR e FUTAI, 2010).

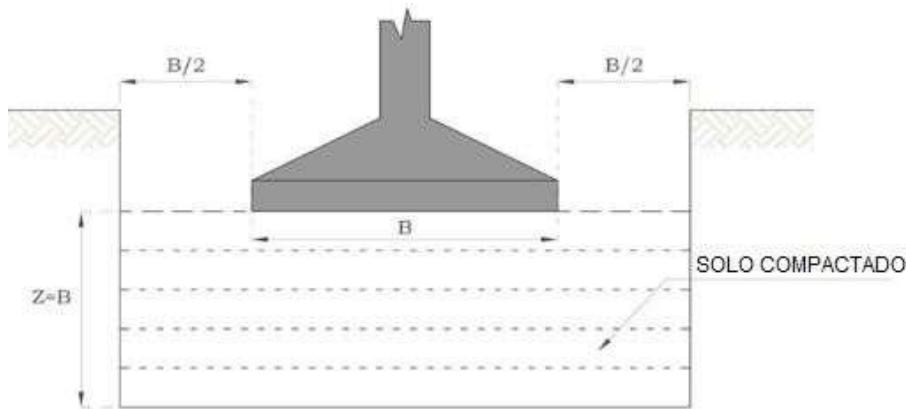
Na década de 80 há registros do uso dessa técnica em Petrolina – PE. Provas de carga em Ilha Solteira realizadas na década de 90 também comprovaram a eficácia dessa técnica (CINTRA e AOKI; 2013).

Souza e Cintra (1994) executam quatro provas de carga em placa circulares e duas em sapatas corridas com dimensões de 0,70mx3,02m, todas assentes à uma profundidade de 0,70m. O estudo foi realizado nos solos porosos do interior do Estado de São Paulo, na cidade de Ilha Solteira. Os ensaios de placa foram feitos dois em umidade natural, sendo uma delas sobre camada de solo compactado, e mais dois ensaios de placa foram realizados na mesma forma, mas inundando o solo.

Os autores constataram que a compactação reduziu 86% o recalque devido ao colapso, e mais de 50% os recalques nas outras fases de carregamento, concluindo que a compactação foi um processo eficiente, de baixo custo e de fácil execução para viabilizar o uso de fundações diretas nesse tipo de solo. Analisando os resultados apresentados nessa pesquisa, pode-se observar que o solo compactado aumentou cerca de 100% a capacidade de carga da fundação quando comparado ao mesmo teor de umidade, e que o solo compactado, quando inundado, resistiu 36% a mais do que o solo no estado natural.

Na maioria dos casos citados, o solo foi compactado até uma profundidade Z igual a menor dimensão da sapata B, e a largura é a largura da sapata B com acréscimo de $B/2$ para cada lado, conforme ilustra a Figura :

Figura 4 - Utilização de Sapatas em Solo Colapsável Compactado



Fonte: Adaptada de CINTRA *et al.*, 2003

Considerando que as tensões se propagam pela profundidade em uma distribuição 1:2, a compactação com largura de B mais B/2 de cada lado, faz com que na profundidade $Z = B$, o acréscimo de tensão ocorra somente no solo compactado, e nesta profundidade esse acréscimo de tensão é somente 25% da tensão aplicada pela sapata, amenizando o colapso do solo natural por diminuição da tensão (CINTRA e AOKI; 2013).

Pela teoria da elasticidade, a profundidade do bulbo de acréscimo de tensão para uma sapata circular é cerca de $2B$. Nesta profundidade o acréscimo de tensão não chega a 10% da carga aplicada. Na profundidade de B o acréscimo é cerca de 28%. Valor muito próximo do obtido pela propagação 1:2. Isso explica o porquê de compactar somente até a metade do bulbo, não sendo necessário compactar o bulbo inteiro, facilitando a execução e reduzindo o custo dessa solução.

Pinheiro et al. (2012) relatam o aumento de resistência e rigidez de solos porosos da cidade de Santo Ângelo – RS através da compactação de camada com profundidade $Z = B/2$. Nesse trabalho o solo compactado não foi inundado não podendo se ter uma avaliação quanto à performance contra o colapso.

Guimarães e Ferreira (1998) realizaram diversos ensaios de laboratório com amostra das compactadas e também constataram a eficiência da compactação controlada na melhoria de solos do Estado de Pernambuco em relação à redução do colapso.
3 METODOLOGIA

Na pesquisa descritiva realiza-se o estudo, a análise, o registro e a interpretação dos fatos do mundo físico sem a interferência do pesquisador. A sua finalidade da pesquisa é observar, registrar e analisar os fenômenos ou sistemas técnicos, sem, contudo, entrar no mérito dos conteúdos (BARROS e LEHFELD, 2007).

Nesse tipo de pesquisa não pode haver interferência do pesquisador, que deverá apenas descobrir a frequência com que o fenômeno acontece ou como se estrutura e funciona um sistema, método, processo ou realidade operacional.

O processo descritivo visa à identificação, registro e análise das características, fatores ou variáveis que se relacionam com o fenômeno ou processo. Esse tipo de pesquisa pode ser entendido como um estudo de caso onde, após a coleta de dados, é realizada uma análise das relações entre as variáveis para uma posterior determinação dos efeitos resultantes em uma empresa, sistema de produção ou produto (PEROVANO, 2014).

A pesquisa descritiva pode aparecer sob diversos tipos: estudos de campo, levantamentos, desde que se estude a correlação de, no mínimo, duas variáveis.

Por outro lado, a pesquisa explicativa considera-se ser o tipo de pesquisa que explica a razão, o porquê dos fenômenos, uma vez que aprofunda o conhecimento de uma dada realidade. Assim, pelo fato de esta modalidade estar calcada em métodos experimentais, ela se encontra mais direcionada para as ciências físicas e naturais (DUARTE, 2021).

Ainda segundo Duarte (2021), em face dessas características, pode-se dizer que a pesquisa explicativa geralmente utiliza as formas relativas à pesquisa experimental. Por exemplo, a partir de um objeto de estudo, no qual se identificam as variáveis que participam do processo, bem como a relação de dependência existente entre estas variáveis. Ao final, parte-se para a prática, visando à interferência na própria realidade.

Nesse sentido, a presente pesquisa visa avaliar a influência de camada de solo compactado no comportamento de pisos industriais sobre solos porosos de Santaém-PA, a partir do cálculo do coeficiente de recalque e análise de patologias locais.

Para isso, a coleta de dados (pesquisa descritiva) será realizada de forma neutra revelando os diversos referenciais que o contexto da investigação apresentar, através da observação em campo da área existente. Para o caso, será realizado:

- a) Investigação de áreas industriais que possuem manifestações patológicas em pisos;
- b) Descrição minuciosa das patologias encontradas, afim de se obter uma relação de causa-consequência com a origem;
- c) Identificado a origem, analisar a correlação entre a patologia e solos porosos/collapsíveis;
- d) Propor medias que mitiguem as manifestações patológicas, afim de se evitar o colapso.

Para a parte experimental (pesquisa explicativa), são utilizados métodos que possibilitem a quantização das características do solo local. No caso, a característica mais relevante será a determinação do coeficiente de recalque vertical.

O método mais indicado para a obtenção dos coeficientes de recalque vertical e horizontal do solo é através de ensaios efetuados com o solo disponível, como por exemplo: o ensaio de placa. Através desse ensaio, obtém-se valores que poderão ser utilizados para simular, com maior confiabilidade, o comportamento da estrutura.

Para a confirmação da ordem de grandeza esperada para a resistência dos solos, podem ser utilizadas tabelas de valores típicos ou correlações empíricas. No entanto, para a presente pesquisa, utilizar-se-á o software computacional TQS para calcular o coeficiente de recalque vertical, devido o mesmo utilizar o Método dos Elementos Finitos (MEF) como método de análise.

Foram, serão dispostos em formas de gráficos de dispersão os resultados obtidos de forma experimental e teórica, afim de se analisar a verossimilhança e correlação entre os mesmos. Caso obtenha-se quantidade de amostras significativas, poderão ser propostas novas formulações empíricas baseadas nos resultados das características do solo obtidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os solos estudados e sua classificação de acordo com o Sistema Unificado de Classificação do Solo. Apresenta também o uso de propriedades físicas de amostras de solos para avaliar o potencial de colapso, como método indireto para avaliação potencial de colapso e discussão dos resultados.

4.1 Cálculo potencial de colapso

O potencial de colapso em porcentagem é definido como a mudança na altura do espécime do solo devido à inundação dividida pela altura inicial do espécime do solo multiplicado por 100. Isso pode ser resumido na equação: % C = 100 * (Δh / h_0)

Onde: o (% C) é o potencial de colapso em porcentagem, (Δh) é a mudança de altura do espécime do solo devido à inundação, e (h_0) é a altura inicial do espécime do solo. O potencial de colapso foi calculado a partir dos resultados dos testes de edômetro único e a gravidade do colapso correspondente ao potencial decolapso. Os resultados relevantes estão na Tabela 4.1.1

Tabela 4.1.1: Potencial de colapso e gravidade do colapso de espécimes não perturbados

Teste	Potencial de colapso e gravidade de Colapso	Profundidade (m)			
		1.0 - 1,5	1.5 - 2.0	2.0 - 2,5	2.5 - 3.0
	Potencial de colapso (%)	6.1	4.2	6.0	8.3
	Gravidade do Colapso	Moderadamente Grave	Moderado	Moderado	Moderadamente Grave

4.2 Redução do Potencial de Colapso

Os resultados dos testes de único unidimensional nos espécimes não perturbados retirados, indicam a suscetibilidade do solo ao colapso da profundidade de 1,0 a 3,0 m.

A redução do potencial de colapso para as mesmas amostras de solo foi tentada pela realização de um teste de éímetro único dimensional em amostras compactadas de solo perturbado com conteúdo de umidade igual ao conteúdo de umidade ideal, realizando teste de compactação proctor modificada. Os resultados relevantes do teste de compactação são mostrados na Tabela 4.2.1.

Tabela 4.2.1: Resultados dos testes de compactação dos espécimes compactados perturbados

Teste	Parâmetro	Profundidade (m)			
		1.0 - 1,5	1.5 - 2.0	2.0 - 2.5	2.5 - 3.0
	Teor de umidade (%)	14,41	12,35	13,49	13,24
	γ_{seco} (gm/cm ³)	1,957	2,003	2,030	2,036

4.3 Análise dos Resultados dos Testes de Classificação

4.3.1 Test Perfil 1

A camada superior é de cascalho silte com areia sob o cascalho com areia até 3 m de profundidade. A densidade seca in loco das camadas de solo foi encontrada entre 1.722 e 1.910 gm/cm³. Este é um valor relativamente baixo para este tipo de solo em comparação com a densidade seca oratória de laboratório. O teor natural de umidade das camadas de solo até 2,0 m é baixo variando entre 5,61 e 6,50 %, e para o metro inferior de 2,0 a 3,0 m, está acima do teor ideal de umidade. A fração fina varia entre 14,8 e 30,8 %, com índice de plasticidade variando entre 19,19 e 22,04 %. O encolhimento linear varia entre 12,14 e 15,00 %.

4.3.2 Test Perfil 2

A camada superior é a argila magra arenosa por cascalho de barro com areia até 3,0 m de profundidade. A densidade seca in loco das camadas de solo foi encontrada entre 1.555 e 2.044 gm/cm³. Este é um valor relativamente baixo para este tipo de solo em comparação com a densidade seca de laboratório. O teor natural de umidade da camada de argila é relativamente alto em cerca de 11,33 % e para profundidades de 1,0 a 3,0 m é muito baixo variando entre 2,74 e 8,38 %. A fração fina varia entre 19,0 e 25,8 % exceto para camada de argila com fração fina de 57,6 %, com plasticidade índice variando entre 16,13 a 25,96 %. A redução linear varia entre 10,00 e 12,86 %.

Tabela 4.3.3: Perfil 1 solo de teste nº 1

Profundidade da amostra (m)	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0
Densidade seca e teor de umidade					
N.M.C (%)	5,61	5,39	6,50	8,38	10,12
γ seca (gm/cm ³)	1,910	1,838	1,764	1,722	1,834
γ seco (KN/m ³)	18,737	18,031	17,305	16,893	17,992
O.M.C (%)	8,85	7,69	7,40	7,25	7,03
γ a máxima seca (gm/cm ³)	2,113	2,244	2,225	2,201	2,238
Distribuição do tamanho das partículas					
Classificação do solo (USCS)	GRA O- MEST RE	GC	GC	GC	GC
Cascalho (%)	70,6	54,6	70,0	63,0	72,4
Areia (%)	9,4	14,8	13,2	15,6	13,2
Lodo (%)	14,2	21,4	12,1	13,4	10,1
Argila (%)	5,8	9,2	4,7	8,0	4,3
Multa passando nº 200 (%)	20,0	30,8	17,0	22,0	14,8
Limites de Atterberg e gravidade específica					
Limite líquido (%)	51,10	40,50	38,40	37,80	40,25
Limite de plástico (%)	31,55	21,31	16,36	18,03	18,69
Índice de plasticidade (%)	19,55	19,19	22,04	19,77	21,56
Encolhimento linear (%)	15,00	13,57	12,14	12,14	15,00
Gravidade Específica	2,77	2,74	2,78	2,73	2,79
Valores Calculados					
Razão de vazio	0,45	0,49	0,58	0,59	0,52
Razão de vazio no limite líquido	1,42	1,11	1,07	1,03	1,12
Grau de saturação (%)	34,51	30,09	31,37	39,08	54,17
Porosidade (%)	31,05	32,92	36,55	36,92	34,27

Tabela 4.3.4: Perfil 2 solo de teste nº 2

Profundidade da amostra (m)	0.5-	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5-3.0
	1.0				
Densidade seca e teor de umidade					
N.M.C (%)	11,33	2,74	3,01	4,25	8,38
γ seca (gm/cm ³)	1,555	2,044	1,955	1,909	1,647
γ seco (KN/m ³)	15,255	20,052	19,179	18,727	16,157
O.M.C (%)	14,20	7,40	8,30	8,20	13,60
γ a máxima seca (gm/cm ³)	1,807	2,154	2,159	2,158	1,841
Distribuição do tamanho das partículas					
Classificação do solo (USCS)	CL	GC	GC	GC	GC
Cascalho (%)	3,0	50,0	46,0	57,0	44,0
Areia (%)	41,6	24,6	29,8	24,2	31,2
Lodo (%)	39,6	19,3	16,2	10,8	16,9
Argila (%)	15,8	6,1	8,0	8,0	7,9
Multa passando nº 200 (%)	57,6	25,8	25,0	19,0	25,8
Limites de Atterberg e gravidade específica					
Limite líquido (%)	35,67	36,78	35,90	46,00	58,70
Limite de plástico (%)	18,96	18,93	19,77	25,18	32,74
Índice de plasticidade (%)	16,71	17,85	16,13	20,82	25,96
Encolhimento linear (%)	10,71	10,00	10,00	11,43	12,86
Gravidade Específica	2,68	2,63	2,68	2,63	2,60
Valores Calculados					
Razão de vazio	0,72	0,29	0,37	0,38	0,58
Razão de vazio no limite líquido	0,96	0,97	0,96	1,21	1,53
Grau de saturação (%)	41,97	25,14	21,75	29,59	37,65
Porosidade (%)	41,98	22,28	27,05	27,41	36,65

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtido *in loco* e em laboratório apresentados neste estudo de diferentes pontos, as seguintes decisões e conclusões podem ser tiradas:

- A viabilidade do potencial de colapso *in situ* avaliada pode ser aplicada em uma gama mais ampla de solos colapsáveis para avaliar seu desempenho real e natural. Além disso, o teste de campo considerou todas as condições circundantes e ambientais da massa de solo testada *in loco*.
- O estudo enfoca a importância das possibilidades variáveis de colapso real do solo *in situ* para investigar o risco do projeto da fundação e seu processo de construção.
- Para uma tensão inicial especificada sob a qual ocorre o processo de inundação, valores menores de densidade levam a uma tensão mais alta ou falha do solo. Além disso, a deformação devido à inundação depende do tempo.
- O teste de campo é o maior recurso certo e direto para classificar e avaliar o potencial real de colapsibilidade do solo e também pode ser outro indicador adequado da estabilidade relativa do solo.
- É interessante notar que os potenciais de colapso de campo medidos para todos os locais testados são menores do que aqueles medidos em laboratório para as mesmas amostras não perturbadas na mesma tensão aplicada, em (15% - 16%), o que pode ser salvo em custo, mudança no método de melhoria da colapsibilidade proposto e mudança no tipo de fundação selecionado.

REFERÊNCIAS

AGNELLI, N. **Estudo da colapsibilidade do solo de Bauru através de provas de carga diretas.** 172 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE (ACI). **ACI 360R-06:** Design of Slabs-On-Ground. E.U.A., 2006.

AMERICAN SOCIETY OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **ASTM D 1196/12:** Standard Test Method for Nonrepetitive Static Plate Load Tests of Soils and Flexible Pavement Components, for Use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Revisão da NB-1:** Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118**: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PISOS E REVESTIMENTOS DE ALTO DESEM-PENHO. **O Mercado de Pisos Industriais no Brasil – Cenário e Perspectivas do Segmento** – Resumo Executivo. 2012.

BARDEN, L.; Mc GROWN, A.; COLLINS, K. **The Collapse Mechanism In Parttly Saturated Soil**. Engeneering Geology, Vol 7, p49-60. 1973.

BARROS, Aidil J. da S.; LEHFELD, Neide Aparecida de S. **Fundamentos de metodologia científica**. 3. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

BENATTI, J.C.B. **Colapsibilidade com Sucção Controlada de um Solo Coluvionar e Laterítico de Campinas/SP**. Faculdade de engenharia Civil – UNICAMP, 2010. 189p. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – UNICAMP, 2010.

CARNIO, M. A. **Análise em Regime Plástico de Placas de Concreto Reforçado com Fibras de Aço Sobre Base Elástica**. 104p. Dissertação de Mestrado, FEC, UNICAMP, 1998.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **DNER-PRO 273/1996**: Determinação das Deflexões Utilizando o Deflectômetro de Impacto Tipo “Falling Weight Deflectometer – FWD”. 1996.

CAPÍTULO 17

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE CONSTRUÇÕES EM ALVENARIA CONVENCIONAL E ICF (INSULATED CONCRETE FORMS)

*COMPARATIVE STUDY BETWEEN CONVENTIONAL
MASONRY CONSTRUCTIONS AND ICF (FORMS OF
INSULATED CONCRETE).*

João Paulo Campos de Andrade ¹
Sérgio Gouvêa de Melo ²

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.17

¹ Universidade Luterana do Brasil, jpc_andrade@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3507-059>
² Universidade Luterana do Brasil, sergio.melo@ulbra.br, <https://orcid.org/0000-0002-6946-6672>

RESUMO

A busca pela redução de impactos ambientais, redução de custo e desperdício tem levado profissionais da construção civil a analisar novos processos de produção, técnicas construtivas e materiais. Neste sentido a pesquisa teve enfoque em analisar por meio bibliográfico, a utilização do poliestireno expandido (EPS) em comparação método alvenaria estrutural convencional, sendo o EPS um material alternativo que vem sendo bastante utilizado devido ao seu benefício de sustentabilidade e melhoria em termos de eficiência energética, durabilidade e qualidade ambiental interna, além do fato da redução de tempo de execução. Analisando por vias técnica, para racionalização dos processos de produção enxuto foi seguido a filosofia Lean Construction e para o desempenho térmico o método simplificado segundo a NBR 15.575. Tanto no desempenho térmico e adequação à filosofia da construção enxuta, o sistema ICF (Insulated Concrete Forms) se sobressai com maior desempenho, referente ao método alvenaria convencional.

Palavras chave: Sistema ICF. Alvenaria convencional. Materiais e Componentes de Construção.

ABSTRACT

The search for reducing environmental impacts, reducing costs and waste has led civil construction professionals to analyze new production processes, construction techniques and materials. In this sense, the research focused on analyzing, through bibliography, the use of expanded polystyrene (EPS) in comparison with the conventional structural masonry method, with EPS being an alternative material that has been widely used due to its benefit in terms of sustainability and improvement in terms of efficiency, energy, durability and internal environmental quality, in addition to the fact of reduced execution time. Analyzing by technical means, for rationalization of lean production processes, the Lean Construction philosophy was followed and for thermal performance the simplified method according to NBR 15.575. Both in terms of thermal performance and adaptation to the lean construction philosophy, the ICF (Insulated Concrete Forms) system stands out with greater performance, relative to the conventional masonry method.

Keywords: ICF system. conventional masonry. Building Materials and Components.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Vivan, Paliare e Novaes (2010), há necessidade de produzir em larga escala, porém, “o atual modelo de gestão dos processos envolvidos nas construções é incompatível com as necessidades e objetivos da produção seriada”. Tendo a indústria da construção civil brasileira buscado soluções que visam substituir os tradicionais métodos de construção por processos com maior grau de industrialização, com o mínimo de perda de materiais, implantação dos sistemas de controle de qualidade e que ainda garantam o desempenho da edificação.

Assim o sistema construtivo com o uso do EPS, denominado de Moldes Isolantes para Concreto (Insulating Concrete Forms - ICF) vem se destacando como um material alternativo no mercado de construção civil, devido à sua versatilidade técnica, desempenho e custo-eficácia. Material 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. Já o sistema ICF foi trazido para o Brasil em 1999, quando um brasileiro que residia nos Estados Unidos desenvolveu um desenho industrial, disseminando o método pelo país. Desde então, tem ganhado notoriedade e usado em obras de pequeno, médio e grande porte.

A ICF Construtora sita que método consiste, basicamente, na montagem dos EPS tipo fêmea e macho, por sequencia preencher com telas de aço e concreto, tornando as paredes com funções simultâneas de vedação e estrutural, aliando à resistência estrutural e durabilidade deste, de resistência à água, propriedades térmicas, estanqueidade do ar e melhor proteção acústica. Tendo como principais vantagens do sistema ICF redução de desperdícios de materiais, o alto desempenho térmico e acústico, resistente a abalos sísmicos e furacões, material de fácil transporte, redução da mão de obra e aumento da produtividade.

Segundo Lueble, 2004 a adequação ao uso completo do ICF reduz o custo de retirada de entulho das obras em até 98%. Tendo como base uma construção convencional, que quando sem controle de qualidade e produtividade, chega a desperdiçar entre 35 a 40% do material empregado na obra. Podendo ser implementados os mais variados tipos arquitetônicos, além de seus elementos possuírem dimensões maiores, comparados aos tipos de modulações tradicionais como tijolos e blocos cerâmicos.

Este artigo tem como objetivo analisar o uso do Poliestireno Expandido (EPS), em relação aos sistemas equivalentes convencionais de alvenaria de vedação com estrutura de concreto armado no sistema construtivo, avaliado tecnicamente o de-

desempenho térmico pelo método simplificado apresentado na NBR 15.575-4 (ABNT, 2013) e a racionalização dos processos de produção conforme a filosofia Lean Construction.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Sistema Construtivo Convencional

O sistema construtivo convencional em concreto armado no Brasil, é amplamente utilizado na construção de empreendimentos e residências. Esse sistema é comumente, sendo responsável pelo fechamento e isolamento da obra. É uma forma tradicional de se construir, utilizada há milhares de anos, sendo constituída por um conjunto de unidades, tais como tijolos cerâmicos ou composta por blocos de concreto e argamassa. Com características viáveis em seu baixo custo, por outro lado é responsável por não isolar bem o meio, proporcionando alta condutividade térmica e ser detentora de índices de desperdícios muito altos (BORTOLOTTO, 2015).

Sendo um sistema completamente artesanal, caracterizado pela baixa produtividade, esforços repetitivos e grande desperdício de matérias primas. Para Hass e Martins (2011), por conta a todas as etapas da construção serem executadas in loco tornando a execução da obra consideravelmente mais demorada, pois grande parte da mão de obra é despreparada acarretando assim níveis de desperdício maiores e o retrabalho.

De forma geral um dos processos construtivos mais econômicos no país, a estrutura de concreto armado moldado in loco apresenta elevada quantidade de mão de obra, comparando com outros métodos construtivos, como: Light Steel Framing (LSF), Insulated Concrete Forms (ICF), entre outros sistemas modulares. Desse modo, a falta de especialização dos colaboradores, e a natureza artesanal dos processos construtivos acabam sendo considerados como falhas ao sistema, cujo qual perde em eficiência e tempo (BORTOLOTTO, 2015). Mesmo apresentando vantagens econômicas em sua utilização, o mesmo se encontra em um patamar tecnológico inferior em relação aos demais sistemas construtivos, baixos níveis de impermeabilização, condutividade térmica alta, patologias futuras em decorrência das mudanças climáticas, sendo assim é necessário aumentar o nível de industrialização e racionalização dos processos envolvidos.

Figura 1 - Detalhe Construtivos de uma Alvenaria.

Fonte: Google, (2021).

2.2 Insulating Concrete Forms - ICF

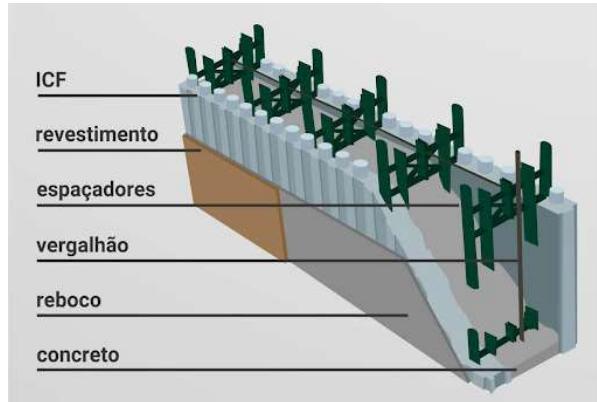
A técnica de construção do sistema ICF foi desenvolvida pela primeira vez na Europa após a Segunda Guerra Mundial como uma forma barata e duradoura de reconstruir estruturas danificadas. As primeiras fôrmas de poliestireno ICF foram desenvolvidas no final da década de 1960 com a expiração da patente original e o advento dos modernos plásticos de espuma. empreiteiro canadense Werner Gregori apresentou a primeira patente para uma fôrma de concreto de espuma na década de 1966 com um bloco, cujas especificações eram de 16 polegadas de altura por 48 polegadas de comprimento, com ranhuras internas, laços de aço e um núcleo de grade estilo waffle (ICF Builder Magazine, 2011).

Segundo a Isocret do Brasil (2017), o sistema construtivo chegou ao país em 1998, com a fundação da empresa. A qual trouxe dos Estados Unidos da América, que de acordo com suas características estruturais se tratava de um avanço na concepção construtiva em concreto e vedação da época. O sistema em si foi avaliado por testes do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo – SP (IPT-SP) e pela Universidade de Campinas (Unicamp) com o objetivo de promover um salto qualitativo em termos de inovações tecnológicas no setor da construção civil do país. De todo modo a empresa Isocret do Brasil é responsável pela disseminação do sistema construtivo no país, contribuindo de várias formas para o desenvolvimento sustentável.

Os painéis foram elaborados com a intenção de se criar uma estrutura simples, inovadora, de baixo custo, sustentável e autoportante, que não desmoronasse e que agregasse propriedades térmicas e acústicas ao ambiente construído, formando os painéis por camadas de material isolante, normalmente utiliza-se em sua confecção

o EPS (poliestireno expandido), unidos por ligações de aço ou plástico integrante do mesmo material isolante como mostra a figura 2.

Figura 2 - Detalhe Construtivos em ICF.



Fonte: Google, (2021).

2.3 Construção Modular e Construção Convencional

A princípio a construção civil era praticada apenas com artesanais e técnicas manuais e extremamente imprecisas. Dentre os séculos XVII e XIX novos materiais foram sendo inseridos no mercado, como o aço, concreto armado, ferro fundido incorporados aos materiais já tradicionais como tijolo cerâmico, pedra e madeira. Assim como novas ferramentas construtivas também foram desenvolvidas, passando a realizar tarefas antes não realizadas pelo homem, tornando possível uma maior produtividade no canteiro de obras, com início das primeiras civilizações humanas até o início do século XVIII se criou a construção modular, onde a industrialização exerceu grande influência sobre os sistemas construtivos, deste modo a partir da Revolução Industrial.

No Brasil, o uso do tijolo cerâmico é bastante comum e antigo. Em 1940, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) aprovou normas especificando a produção do tijolo de barro cozido maciço com comprimento de 22,0 cm, largura de 11,0 cm e altura de 5,5 cm. Posteriormente, surgiu o tijolo furado de 20,0 cm x 20,0 cm (Neto e Bertoli, 2010, p. 70)

Desta forma com a construção modular permitiu que se ergam simultaneamente tetos, pisos, paredes, e cobertura, o que na construção convencional é impossível, pois só é possível iniciar uma fase após se concluir a anterior. Sendo considerada como um método construtivo do futuro, desta forma são apresentadas elevadas vantagens. As quais na maior parte são apresentadas fazendo comparações com o sistema construtivo convencional. Desta forma, as vantagens do sistema segundo Gonçalves (2013), são:

- Custo reduzido pelo fato de serem pré-fabricadas, e pela redução de tempo de construção, diminuindo assim a mão-de-obra e seu custo, inflacionando o preço na construção convencional;
- Tempo de construção reduzido;
- Prazo de execução mais exato, dependendo do porte do empreendimento;
- Eficiência energética superior, diminuindo consideravelmente o consumo de energia;
- Aspectos de montagem são controlados em fábrica;
- Método construtivo não sujeito a problemas e defeitos, pois atende as normas regulamentadoras;
- Fixação do preço total da habitação ou empreendimento antes do início da obra, o que ocasiona a não variação de valores de mercado ou acréscimos de trabalho;
- Possibilidade de construção em condições climáticas adversas;
- Redução drástica dos resíduos produzidos.

2.4 Poliestireno Expandido na Construção Civil

Os principais usos do EPS tanto no mercado como na área da construção civil, em forma de 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.

Das diversas possibilidades de uso do EPS, nota-se que em todo o mundo, a mais utilizada ainda tem sido a produção de painéis de vedação e divisórias. Devido suas funções referentes ao isolamento termo acústico.

Figura 3 - Paredes Esquadrejadas prontas para concretagem.



Fonte: ICF, (2016).

2.5 Norma Desempenho NBR 15.575

No Brasil, a discussão a respeito da qualidade nas edificações foi tratada tardivamente em relação aos países desenvolvidos. O Governo Federal criou em 2000 o Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras na Construção Civil (SIAC), que fazia parte do Programa Brasileiro da Qualidade e da Produtividade no Habitat (PBQPH). Criada a pedido da Caixa Econômica Federal para auxiliar na qualidade de edifícios de interesse social, contudo com a abrangência dos conceitos, a norma se estendeu a todos os edifícios residenciais. Com a necessidade de se avaliar o desempenho das edificações, o que levou vários setores da construção civil a colaborar com o estudo para existência e efetivação da nova norma de desempenho.

Na década de 1980 o desempenho das construções começou a estar na pauta de discussão ligado à habitação, tendo em vista o significativo aumento do déficit habitacional e suas consequências, como: construções irregulares e favelas (Serra, 1989; Maricato, 1999). Segundo Borges (2008), foi nessa época que o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo publicou “Critérios mínimos de desempenho”, que consiste, basicamente, num dos primeiros documentos sobre desempenho para avaliação dos sistemas construtivos de habitações no Brasil.

Tendo o objetivo de garantia do atendimento de requisitos mínimos de desempenho em edificações de qualquer porte e características, em fevereiro de 2013 foi publicada pela a ABNT a NBR 15575 - "Edificações Habitacionais - Desempenho". O diferencial da norma de desempenho é que deve ser seguida por todas as empresas no setor da construção civil, garantindo que as edificações atendam aos requisitos mínimos de desempenho. Ao atribuir responsabilidades a incorporadores, construtores, projetistas, fornecedores e usuários, a norma também suscita uma série de dúvidas, não apenas sobre aspectos técnicos, como também jurídicos. Sendo as normas técnicas de natureza diferente das normas jurídicas, e adquiriram força obrigatória devido a leis que assim as determinam. É o caso, por exemplo, do Código de Defesa do Consumidor, que considera abusivo colocar no mercado produtos em desacordo com as normas técnicas oficiais ou da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

3 METODOLOGIA

Utilizando o método de coleta de dados através de referências bibliográficas, teses, publicações científicas e artigos relacionados ao uso de Poliestireno Expansível - EPS na construção civil em comparação ao uso da alvenaria convencional, tendo como objetivo analisar a sistematização das vantagens e possibilidades de uso do material na produção de edificações.

3.1 Analise de Desempenho Térmico

A norma NBR 15575-4 (ABNT, 2013b) apresenta dois módulos de avaliação para o desempenho térmico, sendo eles a simulação computacional da edificação e o método simplificado. Para a pesquisa usou-se o método simplificado da NBR 15.575-1, para comparar e avaliar o desempenho térmico do sistema ICF e da alvenaria convencional.

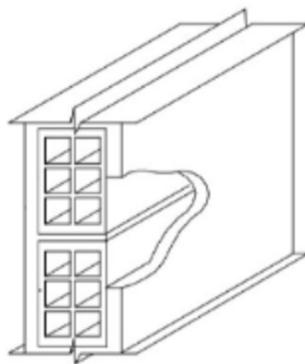
Na qual este método parte do princípio que "a edificação habitacional deve reunir características que atendam às exigências de desempenho térmico, considerando-se a zona bioclimática definida na ABNT NBR 15.220-3 (ABNT, 2003)" e consiste, na comparação dos coeficientes de transmitância térmica (U) e condutividade térmica (λ), com os valores apresentados na NBR 15.575-4 (ABNT, 2014).

Se os valores atingidos não atendam aos limites estabelecidos para estas grandezas, deve-se efetuar-se uma avaliação do comportamento térmico do edifício por meio de simulação computacional, considerando os dias típicos de projeto, de cidades localizadas nas oito zonas bioclimáticas brasileiras, definidas na NBR 15.220-3.

Os resultados do sistema ICF foram fornecidos por meio de um laudo técnico elaborado por Leão (2015) e os valores da transmitância e condutividade térmica para os tijolos foram obtidos respectivamente por meio da NBR 15.220-3 e Santos (2015). Em seguida, tais informações foram comparadas com os valores máximos admissíveis na norma, segundo as oito zonas bioclimática do país (ZB1 a ZB8) (ABNT, 2003).

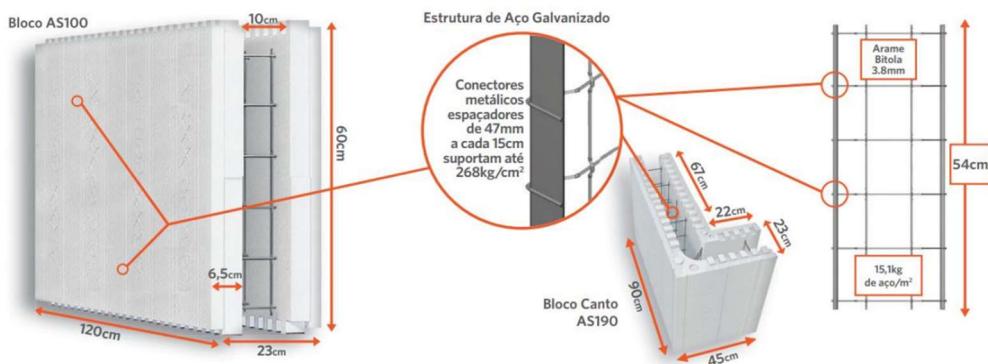
Sendo a alvenaria convencional uma estrutura de concreto armado geralmente construída por parede em tijolos cerâmicos de 6 furos quadrados 9x14x19cm, assentados na menor direção, com espessura da argamassa de revestimento de 25 mm, interno e externo, totalizando uma espessura total de 14 cm de parede e o sistema ICF é feito parede com fôrmas de ICF 120x30x14cm, com revestimento de 20mm em ambas as faces, resultando em uma parede com espessura total de 18 cm.

Figura 4 - Tipologia de Parede Convencional.



Fonte: NBR 15220, (2003).

Figura 5 - Tipologia EPS - Bloco AS100.



Fonte: Arxx, (2019).

3.2 Lean Construction

O termo Lean Construction é um termo em inglês para definir um processo de construção enxuto. Com início na década de 1980 vem gerando impactos po-

sitivos no segmento da construção civil. Dentre os processos da construção civil sabe-se que as perdas por transporte são uns dos maiores problemas encontrados nos sistemas construtivos. Estas perdas estão estreitamente associadas aos fluxos e à logística de produção, e o estudo dos fluxos pode possibilitar a identificação das fontes geradoras de perdas por transporte, assim como de outras perdas na cadeia de valor (ROTHER; SHOOK, 1999).

Para avaliação dos sistemas construtivos conforme à filosofia da Lean Construction, analisado por meio de fluxos físicos, conforme proposto por Isatto (2000), que mostrem o procedimento de produção dos sistemas avaliados, nos quais foram relacionados os fluxos de trabalho (operações) e fluxos de materiais (processo). Sendo a coleta de dados foi feita por meio de revisão de literatura.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Desempenho Térmico

Para analisar a adequação de vedações externas, usando o método simplificado, a norma NBR 15.575-4 (ABNT, 2013) apresenta os critérios exigidos para a transmitância térmica (U) das paredes externas, de acordo com as zonas bioclimáticas brasileiras, apresentados na abaixo, a qual compara esses valores com os obtidos para a transmitância térmica (U) dos sistemas construtivos analisados.

Segundo a norma acima, a transmitância térmica total (UT) é o inverso da resistência térmica total (RT), que por sua vez, é o somatório das resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento, incluindo a resistência térmica superficial interna e a externa.

Com base na Tabela abaixo, todos os sistemas construtivos têm a transmitância térmica menor que a máxima permitida pela norma NBR 15.575-4 (2013), para todas as zonas bioclimáticas brasileiras, portanto, os dois sistemas atendem ao critério de desempenho mínimo. Logo, não foi necessária a realização da avaliação do desempenho térmico pelo método de simulação computacional da edificação.

Tabela 1 - Tabela comparativa

Sistema construtivo	U (W/m².K)	Z1, Z2 (U ≤ 2,5)	Z3, Z4, Z5, Z6, Z7, Z8 (α^a ≤ 0,6, U ≤ 3,7)	Z3, Z4, Z5, Z6, Z7, Z8 (α^a> 0,6, U ≤ 2,5)
Parede de tijolos cerâmicos 6 furos 9x14x19cm, e=14cm	2,48 ^b	Atende	Atende	Atende
Parede de fôrmas ICF 120x30x14 cm, e=18cm	0,42 ^c	Atende	Atende	Atende

^a α é a absorção à radiação solar da superfície externa da parede.
^b Dados fornecidos pela ABNT NBR 15.220-2 (2005);
^c Dados fornecidos por Leão (2015).

Fonte: Leão, (2015).

O sistema ICF apresentou um melhor desempenho, por ter apresentando uma menor transmitância térmica em comparação ao tijolo cerâmico. Devido a transmitância térmica ser dada em função da condutividade e da espessura do material, observou-se que quanto maior a espessura da parede, menor o valor de transmitância térmica. Devido a tipologia formada por formas isolantes para concreto (ICF) apresentou uma maior eficiência em relação à transmitância térmica, reduzindo a transferência de calor para dentro dos ambientes.

Devido ao baixo coeficiente de condutividade térmica do isopor ($\lambda=0,04\text{W/m.K}$), comprovando a eficiência do sistema ICF em relação a outros componentes de vedação, devido a transmitância térmica do sistema formado por blocos de EPS ser menor, evitando assim ganhos de calor no ambiente interno, o que pode influenciar no consumo de energia da edificação.

Diante disso, fica claro a significativa diferença de transmissão de calor entre o sistema convencional e as formas de EPS, a qual é 83% mais eficiente o que possibilita uma redução de até 15°C na temperatura do ambiente interno em relação ao externo. Uma consequência imediata disso é redução do consumo dos aparelhos de ar condicionado, conforme tabela abaixo.

Tabela 2 - Comparação Consumo de central de Ar.

Dimensionamento médio para ambientes residenciais expostos ao sol da tarde o dia todo		
Área	Sistema convencional	Sistema ICF
9 m ²	9000 BTUs	7000 BTUs
12 m ²	10000 BTUs	
20 m ²	12000 BTUs	
25 m ²	15000 BTUs	
30 m ²	18000 BTUs	
40 m ²	21000 BTUs	
50 m ²	30000 BTUs	
60 m ²	30000 BTUs	
70 m ²	30000 BTUs	

Fonte: Arxx, (2019).

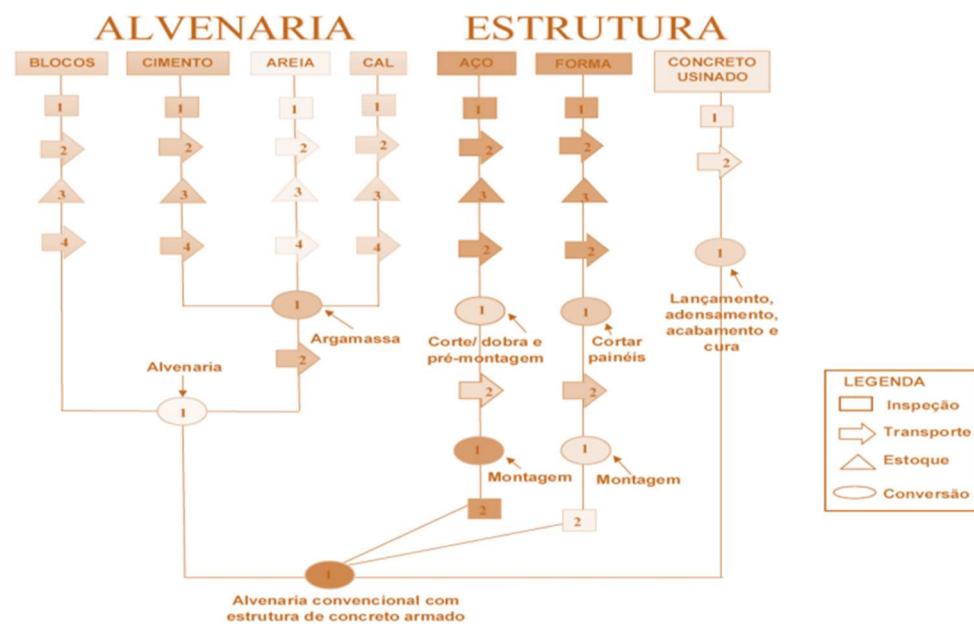
4.2 Analise Lean Construction

Para avaliar os procedimentos de produção da estrutura dos sistemas em questão, indicando os materiais e atividades necessários para a produção de cada um dos elementos que o compõem. Assim conseguiu-se listar os fluxos associados a cada sistema construtivo. Ao avalia-los, observa-se a grande quantidade de atividades de fluxos relacionadas à alvenaria convencional, visto que os componentes a serem utilizados na estruturação do sistema de vedação vertical.

Observa-se que para a produção de sistema de vedação vertical em alvenaria convencional tem-se total de 39 atividades no processo, sendo destas 31 atividades que não agregam valor ao produto final e oito atividades que agregam valor. Em comparação a alvenaria o sistema ICF se sobressai como um método mais “enxuto”, pois possui um total de 14 atividades no processo, sendo 10 atividades que não agregam valor e 4 que agregam valor ao produto.

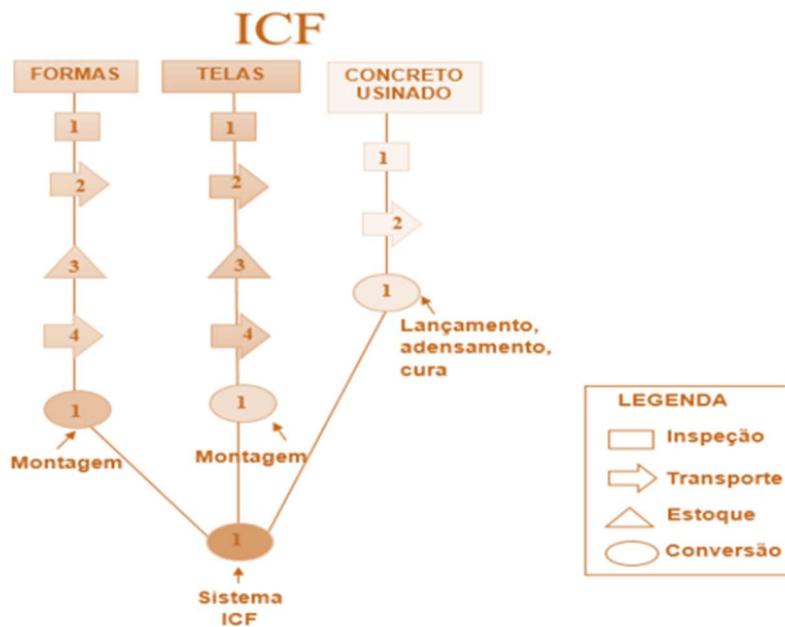
A discrepância das quantidades de atividades presentes no fluxo de produção dos sistemas, evidenciando-se que o sistema ICF garante uma melhor eficiência segundo a filosofia Lean Construction, colaborando com o aumento da eficácia da produção nas obras.

Figura 6 - Processos em Alvenaria Convencional.



Fonte: E&S - Engineering and Science, (2018).

Figura 7 - Processos em ICF.



Fonte: E&S - Engineering and Science, 2018, 7:3

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo estudo possibilitou a abrangência dos conhecimentos sobre Moldes Isolantes para Concreto (Insulating Concrete Forms - ICF), concluindo que este é um método construtivo viável tanto do ponto de vista de redução dos processos de execução, quanto do desempenho térmico da edificação em comparação ao sistema convencional de vedação vertical em alvenaria.

Quanto a análise do desempenho térmico, a parede com vedação de fôrmas de poliestireno expandido (EPS) também apresentou o melhor resultado, atendendo aos requisitos estabelecidos pela NBR 15.575-4 (ABNT, 2013). deve, sobretudo, aos baixos índices de transmitância e condutibilidade térmica do EPS, ou seja, na capacidade em deixar o ambiente e mais protegido das mudanças de temperatura externas, o que pode implicar em menores gastos com energia.

Referente aos processos de produção dos sistemas construtivos, percebe-se que o sistema ICF promove uma significativa redução das atividades que não agregam valor ao produto final, sendo potencialmente mais “enxuto” do que os demais sistemas analisados, um fator de suma importância aos empreendimentos que visam a rapidez de execução, redução de desperdícios e maior racionalização.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220** - Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15.575** Edificações habitacionais – Desempenho - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013b.

_____. **NBR 15.575**: Edificações habitacionais – Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013a.

ARXX INC. **ARXX Steel TM**. Disponível em: <http://www.arxx.com.br/produtos/2/arxxsteel>. Acesso em: fev. 2018

“ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.”

BORTOLOTTO, Ana Larissa Koren. **Análise de viabilidade econômica para construção de habitações - RS**. Engenharia Civil, Santa Maria, jan. 2015. Disponível em:<http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2014/TCC_ANA%20LARISA%20KOREN%20BORTOLOTTO.pdf>. Acesso em: 20 de outubro 2021.

Construindo com ICF. Disponível em: <<http://www.fasthouse.eco.br/construindo-sua-casacom-icf.html>>. Acesso em: set. 2017.

"EPS – Poliestireno Expansível. Comissão Setorial, (2007). Disponível em <http://www.epsbrasil.eco.br/> Acesso em 02 outubro 2021."

"GONÇALVES, C. J. P. Análise Comparativa de Diversas Soluções. 2013. <https://ria.ua.pt/bitstream/10773/11666/1/disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: out. 2021."

"HASS, Deleine Christina Gessi e MARTINS, Louise Floriano. Viabilidade econômica do uso do sistema construtivo steel frame como método construtivo para habitações sociais. 2011, 76 f. Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado no curso de Engenharia de Produção Civil, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Curitiba."

"ICF CONSTRUTORA. Conheça o sistema construtivo ICF. Disponível em: <http://www.icfconstrutora.com.br/sistema-construtivo-icf/conheca-o-sistema>. Acesso em: outubro 2021."

"ISATTO, E. L. Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. Sebrae. Porto Alegre, 2000. 177 p."

ISOCRET. Galeria - CDHU Bocaina - SP. Disponível em: <<https://isocret.com.br/galeria/cdhu-bocaina>>. Acesso em: agosto, 2021

"LUEBLE, Ana R. C. P. Construção de habitações com painéis de eps e argamassa armada. I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, SP, 2004."

"ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil,"

"SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL (SINAPI). Relatório de Insumos e Composições. Composições. Não desonerado. Mato Grosso. Dezembro. 2017. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_650>. Acesso em: agosto, 2021"

"VIVAN, A. L.; PALIARI, J. C.; NOVAES, C. C. Vantagem Produtiva do Sistema Light Steel Framing: da construção enxuta à racionalização construtiva. In: XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Canela, 2010. Disponível em: < <http://www.infohab.org.br/entac2014/2010/arquivos/214.pdf>>. Acesso em: set. 2021."

CAPÍTULO 18

ESTUDO DE RESISTÊNCIA DO CONCRETO ACRESCENTANDO A LÃ DE VIDRO

*STRENGTH STUDY OF CONCRETE ADDING GLASS
WOOL*

Alexandre Silva de Arruda

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.18

RESUMO

Trata-se de um estudo da resistência do concreto acrescentado a lã de vidro, a mesma sendo utilizada como um aditivo, de modo a verificar a sua eficácia e resistência, bem como seus custos e características que a compõe. Tendo como objetivo analisar as compressões, trações e tensões de um concreto, além de testar durabilidade do concreto, a trabalhabilidade e seus respectivos tipos de esforços. Tendo como metodologia um estudo teórico pratico bibliográfico com o desenvolvimento e confecção de um concreto acrescentando a lã de vidro como um determinado aditivo. Pode-se dizer que o aditivo mais utilizado no concreto para uma obra seja o tipo P que funciona como plastificante ou redutor de água, além desse tipo de aditivo existem outros muitos bons, quando se trata de resistência do concreto. A partir do resultado da confecção do concreto acrescentando a lã de vidro, verificou-se que o concreto tem total resistência adequada para a elaboração de casas, prédios, pontes, entre outros. No presente trabalho foi realizado os ensaios laboratoriais de acordo com as normas adotadas na construção civil, quando o concreto atingiu a vida útil de 28 dias foi possível analisar a viabilidade ou não do concreto acrescentando a lã de vidro.

Palavras-chave: Resistência. Esforços. Viabilidade.

ABSTRACT

This is a study of the strength of concrete added to glass wool, which is used as its costs and characteristics that the composes. Aiming to analyse the compressions, tensiles and tensions of a concrete, in addition to testing concrete durability, workability, and their respective types of efforts. The methodology is based on a theoretical and practical bibliographical study with the development and manufacture of a concrete adding to the glass line as a specific additive. It can be said that the most used additive in concrete for a work is the P type, which Works as a plasticizer or water reducer, in addition to this type of additive there are other very good ones, when it comes to the release of concrete. Of the concrete added to the glass line, it was found that the concrete has adequate total strength for the elaboration of houses, buildings, bridges, among others. In the present work, laboratory tests were carried out in accordance with the standards adopted in civil construction, when the concrete reached a useful life of 28 days, it was possible to analyse the feasibility or not of the concrete by adding the glass wool.

Keywords: Resistance. Efforts. Visibility.

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta um estudo sobre a resistência do concreto acrescentando a lã de vidro nas propriedades de trabalhabilidade e resistência à compressão. A lã de vidro é um material importante usado em diversos setores industriais, tais como metalúrgicos, químicos e também sobre alguns utensílios domésticos devido a suas grandes propriedades térmicas e acústicas. No entanto quando essas propriedades da lã de vidro são perdidas elas são descartadas facilmente em aterros sem qualquer reaproveitamento ou utilidade, desde então podemos rever esse conceito utilizando a própria lã de vidro na confecção de concretos para obras da construção civil. A constantes evoluções do mercado mundial busca inovações na qualidade de seus produtos, tendo em vista diversos fatores e ajustes para a elaboração de um novo material e de novos produtos, sendo assim podendo confeccionar o concreto com diversos aditivos que vão surgindo ao longo das pesquisas feitas em laboratórios de Engenharia civil.

Segundo Bonifácio e Godinho (2014), O concreto é o material mais utilizado no ramo da construção civil, basicamente o concreto é feito de aglomerantes na sua composição, de tal forma ela é uma mistura heterogênea, onde o seu principal produto é o cimento (Cimento Portland), além de ter como composição outros aglomerante como agregados miúdos e graúdos (areia e brita) e água, podendo haver o uso de aditivos ou adições, que geralmente gera um boa plasticidade e aumenta o tempo de pega do concreto, podendo assim ter um concreto com bastante resistência e durabilidade na questão de projetos de grandes portes. O concreto tem suas grandes vantagens e desvantagens em sua composição, desde a resistência a compressão com poucos dias, ao tempo de cura do concreto de 28 dias após a concretagem ele já está dentre dos padrões adquiridos em projeto. Sua grande desvantagem é que concreto possui baixa resistência a tração.

Cimento Portland: aglomerante hidráulico obtido pela moagem de clínquer Portland, ao qual se adiciona, durante essa operação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio. Durante a moagem é permitido adicionar a essa mistura material pozolânicos, escórias granuladas de alto-forno e/ou materiais carbonáticos, nos teores indicados nas normas específicas (NBR 12655, ABNT, 2015).

O trabalho tem como objetivo elaborar o estudo da resistência do concreto através da testagem de sua resistência nas maquinas de prensas, realizar e confecionar o concreto para aprofundar mas sobre durabilidade e trabalhabilidade do concreto, além de trazer uma análise o quanto é importante assegurar a qualidade do concreto, como é importante utilizarmos novos material como futuros aditivos no uso do concreto na construção civil.

A lã de vidro é um material bastante usado no mundo inteiro, sua alta demanda se dar por ela ser um tipo de isolante térmico e acústico. Ou seja, é um material que ajuda evitar que ruídos possam passar de um ambiente para o outro, características físicas é altamente segura e bem econômica, tem também uma alta durabilidade é muito utilizado em projetos de construção civil. Diante dessas perspectivas o tema foi escolhido para poder demonstrar que a lã de vidro pode ser um produto essencial na confecção de concretos, pela sua alta durabilidade e pelo seu baixo valor econômico.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O concreto de um modo geral é um material de suma importância para a economia do brasil, além de ser muito importante na construção civil, o cimento um dos materiais mais utilizados do mundo movimenta a economia mundial, o setor da construção civil é o ramo que mais cresce no mundo, com elevadas taxas de empregos e oportunidades para as pessoas, com a alta demanda do cimento do brasil para a confecção do concreto, é de se imaginar tornar viável outros tipos de aditivos que podemos utilizar em construções, podendo assim testar e viabilizar um meio de outros aditivos possam entrar no mercado para um concreto de qualidade.

Quando se trata de resistência do concreto estamos falando de durabilidade, trabalhabilidade do concreto e assim podemos determinar as compressões e trações que um concreto possui, podendo ressaltar que um concreto existe deformações e patologias, o trabalho que foi realizado no laboratório foi a confecção de um molde de corpo de prova de concreto, logo foram utilizados outros tipos de materiais para a confecção do mesmo, foram adicionados cimento, agregados miúdos e graúdos, água e a lã de vidro que foi utilizada como se fosse um aditivo. O concreto tem várias funções a serem estudadas como a trabalhabilidade a exsudação, além de obter uma análise do concreto no estado fresco e endurecido, utilizamos a massa específica de todos os materiais e também realizamos a produção de ensaios dos moldes na máquina hidráulica.

2.1 Resistência do Concreto

A resistência do concreto é um assunto bastante estudado na engenharia civil, logo estudamos todos os parâmetros de resistência que determina os esforços de compressão e tração, para assim poder aplicar na prática as devidas resistências de concretos sobre as lajes, pisos, entre outros setores da construção civil. Segundo Neville, 1997, A resistência do concreto varia de acordo com cada tipo de cimentos que temos no mercado, no entanto a relação água e cimento pode definir também

a idade do concreto e o tempo de cura do mesmo. Em relação ao tipo de cimento ele é utilizado para atender de acordo com a sua necessidade em que o mesmo será aplicado, já o cimento Portland nacional tem curvas específicas para cada tipo e aplicação.

Segundo NEVILLE, 1997, para se promover um concreto de boa resistência existem diversos fatores que influenciam na resistência mecânica de um concreto como: a relação água/cimento e a relação agregado/cimento. O tempo de cura também é um dos fatores que influenciam no concreto, outro fator e a idade dos corpos de provas também são muitos importantes na hora de testar a resistência de um corpo de prova na máquina de compressão. Segundo Santos, 2018, os agregados graúdos e miúdos são materiais que interferem diretamente na resistência a compressão do concreto, atingindo diretamente na aderência do agregado à pasta como na trabalhabilidade do concreto em si. Para Santos, 2018, é bem comum usar adições nas pastas de concreto porque assim podemos melhorar a trabalhabilidade e também podemos reduzir o fator água e cimento e assim podemos evitar o acréscimo de resistência a compressão.

2.2 Resistência a compressão

Para METHA e MONTEIRO, 1994, A resistência de qualquer tipo de material é entendida como a capacidade que o mesmo pode resistir a qualquer tensão semoccasionar rupturas em seu corpo. No concreto é definido uma tensão para que assim a mesma seja suficiente para obter as rupturas necessárias quando for submetido os esforços a compressão, no qual essa tensão é definida como tensão máxima que é o quanto o concreto pode suportar. A resistência a compressão trata-se de uma ideia geral de como estar a performance do mesmo para utilização.

Para GIAMUSSO, 1992, pode-se definir um concreto de boa qualidade de acordo com o seu potencial relacionado o fator água/cimento e também pode ser definido pelo seu grande grau de hidratação, à resistência a compressão está bastante ligado a evolução da hidratação do cimento para confecção do concreto.

Segundo a NBR 5739 ABNT, 2007, a determinação da resistência a compressão é dada por meio de ensaios de corpos de provas cilíndricos com as dimensões 10 x 20 cm, os corpos de provas são devidamente preparados o seu tempo de cura para assim que o mesmo possa passar para a realização dos ensaios de resistências.

2.3 Resistência a tração

Segundo Santos, 2018, a resistência a tração nada mais é do que a existência de momentos fletores e força cortante que atua na seção transversal ocasionando em elementos estruturais tensões de tração e deformação, as tensões quando elas são máximas ocorrem alguns tipos de fissuras na estrutura. Para o dimensionamento de elementos estruturais são necessários os cálculos de tensão de tração, a determinação de um corpo de prova para sua ruptura é fato necessário alguns cálculos de tração para que seja centralizado até a sua ruptura, o corpo de prova deve ter seção retangular de 9 x 15 cm e as suas extremidades 15 x 15, sua análise é quase a mesma de um ensaio a compressão.

2.4 Trabalhabilidade do concreto.

Segundo METHA e MONTEIRO, 2008, A trabalhabilidade do concreto está sempre em conexão com facilidade em que o concreto pode ser lançado em uma determinada obra quanto a sua homogeneidade, é também o seu acabamento. Para Andriolo, 1984, a trabalhabilidade está relacionada quanto à facilidade de mistura do concreto, transporte, manuseio, é sobre a compactação de sua homogeneidade para um concreto de alta performance. Podendo assim determinar vários fatores que influenciam na trabalhabilidade do concreto são elas:

2.4.1 Fatores internos;

- Consistência do cimento, que pode ser determinada pela relação água/cimento.
- Traço, pode ser definido pela relação entre cimento e agregado
- Granulometria do concreto, definido pela relação agregado miúdo e graúdos
- Aditivos, que influenciam diretamente na trabalhabilidade do concreto.

2.4.2 Fatores externos;

- O tipo de mistura
- O tipo de transporte
- O tipo de lançamento
- O tipo de adensamento

3 METODOLOGIA

A metodologia desse artigo consiste em pesquisa de campo, onde utilizamos um estudo bibliográfico, com relação à artigos científicos disponíveis em vários ambientes virtuais ao longo da pesquisa, visando a compreensão do tema relacionada

a resistência do concreto acrescentando a lã de vidro como um se fosse um aditivo adicionado no concreto.

3.1 Materiais Utilizados

Para a elaboração e confecção do determinado experimento, foram utilizados alguns materiais como: à lã de vidro, Cimento Portland CP II, Areia, Brita e Água.

3.1.1 Lã de vidro

Figura 1 - Lã de vidro



Fonte: produto.mercadolivre.com.br/MLB-869746602-feltro-l-de-vidro-wallfelt-isolamento-acustico-drywall-_JM

3.1.2 Cimento Portland CP II

O cimento Portland CP II é conhecido porque existe adição de misturas de outros materiais em sua composição, ele libera a menor quantidade de calor de hidratação, assim podendo ser um bom cimento na confecção do concreto.

Figura 2 - Cimento Portland CP II



Fonte: Portal do concreto (2018).

3.1.3 Agregados

Figura 3 - Agregados miúdos (Areia)



Fonte: Autor (2020).

Figura 4 - Agregados graúdos (Brita).



Fonte: Portal das lojas (2020).

3.2 Métodos utilizados

O Procedimento iniciou-se com a testagem da granulometria dos agregados miúdos e graúdos, onde foi detectado diversos tamanhos de grãos variados e de diversos tamanhos de agregados graúdos, logo foi verificado em laboratório para a caracterização da areia levou se em consideração a NBR NM 248 (ABNT, 2003) que é ela que faz toda a determinação granulométrica para o uso desses materiais no concreto. Para a execução do ensaio foram utilizados alguns equipamentos como bandejas, agitador mecânico de peneiras, peneiras, estufa, balança. A realização do ensaio iniciou-se com a amostras de areia sendo depositadas em estufas para que seja conferido a sua granulometria através de peneiras que tem aberturas de 9,5 mm, 6,3 mm, 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm, elas devem estar devidamente limpas para que possa ficar retido a amostra para determinar a sua composição granulométrica. Em seguida foi estudado a granulometria dos agregados graúdos, podemos descrever que é quase o mesmo procedimento dos agrega-

dos miúdos, para realizar são necessários outros tipos de peneiras com abertura de malha 25mm, 19m, 9,5mm, 6,3mm, 2,4mm, 1,2mm, 0,6mm, 0,3mm, 0,15mm.

3.2.1 Dosagem do concreto

Na confecção do concreto foi utilizado o cimento Portland CP IIF-32 DE marca Poty conforme a norma NBR 11578. Esse tipo de cimento foi escolhido pelas suas grandes características além de ter uma grande facilidade para encontrar no mercado, pois se trata de uma marca muito comum na região, também podendo encontrar em preço bem acessível. Para se obter a melhor performance do concreto foi necessário conhecer a massa específica do cimento no qual foi trabalhado, para o tipo de cimento trabalhado a massa específica e de 3,01 g/cm³ conforme é determinado pela a empresa fabricante.

3.3 Produção do concreto

O experimento foi dosado de acordo com o método ABCP, para o experimento foi calculado determinadas quantidades de agregados miúdos e graúdos, além do material cimento, foram adicionados lã de vidro em sua composição e também o uso de água para dar homogeneidade no concreto. A confecção do concreto iniciou-se com a colocação dos materiais graúdos e miúdos em estufas para que não tenha erros em relação ao teor de umidade. Foi utilizado apenas um traço de concreto com os seguintes materiais (cimento, areia, brita, água e lã de vidro).

3.4 Ensaios do concreto

3.4.1 Condição para o concreto fresco – *slump test*

O ensaio do concreto foi realizado de acordo com a NBR NM 67 (ABNT, 1998) que obriga a determinar o processo de “*slump test*”. Para o ensaio foi usado alguns materiais como Régua, pá, placa de base metálica, haste de compactação, molde tronco-cônico, e por último o complemento tronco-cônico metálico de enchimento, conforme o previsto o *slump test* foi além das expectativas e ficou com o *slump* ou abatimento entre 80 e 100mm (*slump*= 90 +/- 10mm) muito bom para um concreto de boa qualidade.

3.4.1.1 Corpos de prova

Figura 5 - Corpos de provas



Fonte: Autor (2019).

Logo em seguida foi realizado o tempo de cura dos moldes de concreto sendo assim os ensaios e moldagens foi realizado conforme a NBR NM 5738 (ABNT, 2015) depois de 24 horas os moldes de corpo de provas foram desmontados e em seguida iniciamos o processo de cura do concreto, o tempo de cura é quando o mesmo fica submerso dentro de caixas d'água por 7, 14, e 28 dias, logo após esses dias a cada dia citado acima é testado 2 corpos de provas para a testagem da resistência nas maquinas, em seguida é verificada a sua resistência aplicando uma força continua até que corpo de prova se rompa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O slump test conforme o previsto foi fixado em 90+/- 10mm é usado conforme a dosagem do concreto, percebeu-se que o slump test foi o ideal para o concreto que confeccionamos é assim manter a trabalhabilidade do concreto em boas condições de uso.

4.1 Resistência a compressão do concreto.

Logo em seguida o concreto alcançou a sua cura total de 28 dias conforme as NBRS, e foi concedida à ensaios de resistência a compressão, utilizamos a cada dois de provas de cada dia citado no relatório, o tempo de cura é 7, 14, 28 dias, para cada dia desses foram realizados o ensaio de corpos de provas. Com os testes de resistência feito na máquina obtivemos os seguintes resultados:

- Corpos de provas com 7 dias de cura chegaram à 23,89 MPa de resistência;
- Corpos de provas com 14 dias de cura chegaram à 26,90 MPa de resistência;

- Corpos de prova com 28 dias de cura chegaram à 28,98 MPa de resistência.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nesse artigo foi fundamental a importância dos estudos de resistência do concreto, para o entendimento acadêmico de qualquer aluno, em relação de quanto é importante saber desenvolver métodos para viabilizar materiais que podem ser usados como aditivos. Podemos citar que o uso da lã de vidro são meios viáveis para se usarem em um concreto, suas características tornaram o concreto de boa qualidade para o seu uso na construção civil. Obteve-se resultados satisfatórios na resistência a compressão, ressaltamos que o tipo de concreto confeccionado tem uma boa trabalhabilidade e um bom desempenho. Diante do experimento concluo que o mesmo é um bom assunto a ser estudado profundamente para que no futuro a construção civil possa nos dar novos materiais para ficarmos em constante evolução da construção civil.

REFERÊNCIAS

- ANDRIOLI, F.R. **Construção de concreto, manual de práticas para controle e execução.** São Paulo: PINI, 1984.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Guia básico de utilização do cimento Portland.** 7 ed. São Paulo, 2002. 28 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655:** Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739:** Concreto - Ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- BONIFÁCIO E GODINHO. **Estudo dos efeitos de fibra de vidro polipropileno nas propriedades mecânicas do concreto.** Universidade extremo sul catarinense – UNESC 2014 pg. 02.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248:** Agregados - Determinação da Composição Granulométrica dos Agregados. Rio de Janeiro, 1982.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67:** Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Procedimento e cura de corpos-de-prova.** Rio de Janeiro, 2002.
- GIAMMUSSO, S. **Manual do Concreto.** São Paulo. PINI, 1992.

MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Estrutura, propriedades materiais.** São Paulo. PINI, 1994.

MEHTA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais.** 3 ed. São Paulo: Ibracon, 2008. 674 p.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do concreto.** 2 ed. São Paulo. PINI, 1997.

SANTOS, L. F. **Materiais de construção civil II.** Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

CAPÍTULO 19

PLANEJAMENTO LOGÍSTICO COMO ESTRATÉGIA PRODUTIVA NO CANTEIRO DE OBRA NO MUNICÍPIO DE ALENQUER-PA

*LOGISTICS PLANNING AS A PRODUCTIVE STRATEGY AT
THE CONSTRUCTION SITE IN THE MUNICIPALITY OF
ALENQUER-PA*

Caio Sousa dos Santos
Glemison José Gomes da Silva

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.19

RESUMO

As dificuldades encontradas por empresas da construção civil em executar projetos em locais de acessos limitados e com baixo fornecimento de materiais e serviços, são enormes no país, considerando sua extensão continental e diferentes regiões. No município de Alenquer no oeste do estado do Pará, estes problemas são vivenciados por profissionais da área, onde a finalidade deste trabalho é traçar estratégias para evitar os impactos que possam diminuir a produtividade no canteiro de obras, conhecendo a disponibilidade tanto de materiais, quanto de serviços especializados existentes e não presentes em Alenquer, possibilitando aos profissionais e empresas do ramo que desejam investir na região, dados essenciais para o bom planejamento operacional que possivelmente refletirá no desempenho que almejam. Foram realizadas visitas “in loco” em obras daquela cidade, em busca de informações que subsidiassem este trabalho para investigar os obstáculos enfrentados, junto aos engenheiros, empresários locais que fornecem produtos da construção civil. As dificuldades das construtoras em adquirir os insumos e contratar mão de obra especializada necessários para a execução de empreendimentos, possibilitou a oportunidade de produzir instruções básicas e relevantes como alternativas que auxiliem o planejamento prévio, ideal, para dar mais eficiência no cumprimento de metas e prazos construtivos, reduzindo riscos de desabastecimento.

Palavras-chave: Construção Civil. Região Amazônica. Gerenciamento.

ABSTRACT

The difficulties encountered by civil construction companies in carrying out projects in places with limited access and with a low supply of materials and services are enormous in the country, considering its continental extension and different regions. In the municipality of Alenquer in the west of the state of Pará, these problems are experienced by professionals in the field, where the purpose of this work is to devise strategies to avoid impacts that may reduce productivity at the construction site, knowing the availability of both materials and of existing specialized services that are not present in Alenquer, enabling professionals and companies in the field that wish to invest in the region, essential data for good operational planning that will possibly reflect on the performance they aim for. On-site visits were carried out at construction sites in that city, in search of information to support this work to investigate the obstacles faced, along with engineers, local entrepreneurs who supply civil construction products. The difficulties of construction companies in acquiring the inputs and hiring specialized labor necessary for the execution of projects, allowed the opportunity to produce basic and relevant instructions

as alternatives that help with prior planning, ideally, to provide more efficiency in meeting targets and deadlines constructive, reducing the risk of shortages

Keyword: Civil Construction. Amazon Region. Management.

1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil é um ramo que requer bastante estudos, tendo em vista os desafios em construir com segurança, qualidade e menor custo possível, além de outras variáveis imprescindíveis para a execução de um projeto, sendo estas edificações residenciais, comerciais, prédios públicos etc.

Esta pesquisa é um estudo de caso, na cidade de Alenquer-PA, situada na região oeste do estado, que por sua vez, foi escolhida tendo em conta sua particularidade logística para construção de edificações de médio e grande porte, permitindo fazer estudos de alternativas de planejamento que visam melhorar a produtividade no canteiro de obras neste município.

No Pará, há pouquíssimos estudos sobre como planejar obras em regiões de acessos peculiares, como por exemplo Alenquer, onde nosso objetivo será propor de forma simples, mecanismos que podem elevar a eficiência construtiva de empresas do ramo da engenharia civil, e despertar o interesse dos profissionais sobre a importância de conhecerem previamente não apenas conceitos construtivos, mas sim, logísticos de distribuição, armazenamento e controle de materiais essenciais para o andamento de uma obra.

Construir na região amazônica requer alguns cuidados por parte dos engenheiros, assim como em qualquer outra região, contudo nesta, a períodos longos de chuvas que consequentemente aumentam a improdutividade, e o que fazer diante disto? Pois bem, não se têm a receita exata de como dar essa resposta, todavia ter ideia da localização de onde será construído o imóvel será um bom começo, isso chama-se Planejamento ferramenta usual na administração de empresas, e por que não, na Engenharia Civil? Vamos abordar quais estratégias podem ser adotadas para Alenquer, apresentando informações úteis para quem tiver ou tenha projetos para esta cidade.

2 PLANEJAMENTO E LOGÍSTICA

2.1 Conceitos iniciais

Planejar é algo comum nas empresas para alcançarem suas metas, é traçar estratégias, tendo foco nos resultados, antecipando os riscos que podem afetar sig-

nificativamente seu plano de ação. Vejamos o que pensa alguns autores sobre o isso, “o planejamento é uma tarefa que está relacionada com a preparação, organização e estruturação de um determinado objetivo” (PONCIO, 2016). “O planejamento não diz respeito a decisões futuras, mas às implicações futuras de decisões presentes” (Drucker, 1961:131).

Segundo Oliveira (2018), o planejamento consiste em identificação, análises estruturação, coordenação de missão, propósitos, objetivos, desafios, metas, estratégias, políticas internas e externas, programas, projetos e atividades, a fim de alcançar de modo mais eficiente, eficaz, efetivo o máximo do desenvolvimento possível, com a melhor concentração de esforços e recursos.

Podemos inferir dos conceitos dados acima, a real necessidade dos engenheiros e profissionais da construção civil, atentar-se para os desafios que permeiam a execução de obras, onde planejar é a base para alcance de melhores resultados, sejam de tempo, dinheiro e qualidade.

Cabe destacar que o conceito que será abordado sobre planejamento neste artigo, está ligado diretamente às estratégias de execução de obras para o município de Alenquer, ou seja, disponibilizar conteúdo que ajude na organização logística para aumentar a produtividade no canteiro de obras, tendo em vista as dificuldades de atuar na construção civil distantes dos grandes centros urbanos.

Logística é a disponibilidade de produtos na data certa e na hora certa, seu papel é gerenciar a capacidade de organização de uma empresa no tocante à espaço (local) e de tempo (momento) Razoline Filho (2012, p. 20).

Segundo Razoline Filho (2006, p. 30), “a logística pode ser definida como parte do processo de gestão de cadeia de suprimentos que objetiva planejar, implementar e controlar, de maneira eficiente e eficaz.”

Outro conceito, é que as atividades logísticas se dividem em um processo de gerenciamento das informações, transportes estoques, armazenagem e transferências de informações, manuseio de materiais e embalagem de maneira orquestrada, com o objetivo de gerar a capacidade necessária ao atendimento das exigências logísticas. (BOWERSOX E CLOSS, 2001).

Novaes (2001, p. 36) mostra conforme na figura 2 elementos básicos da logística

Figura 2 - Elementos básicos da logística

Fonte: Novaes (2001, p. 36)

Consoante aos elementos da logística apresentada por Novaes, definimos na tabela 1, tal interpretação:

Tabela 1 - Conceituando elementos básicos de logística

Elemento	Conceito
Processo de planejar, operar, controlar	Se incumbe de levantar o que fazer? como fazer? onde fazer? Quanto custa?, depois disso executar o que se planejou, e monitorar o ciclo dessa produção.
Do ponto de origem	Local que compramos os materiais e produtos
Matéria-prima; produtos em processo; produtos acabados; informações e dinheiro	Se relaciona com toda a sistemática dos demais pontos
Ao ponto de destino	Local que será a entrega do material ou produto
De forma econômica eficiente e efetiva	Fazer todo o processo alinhado com os resultados estabelecidos, com o menor custo possível.
Satisfazer as necessidades e preferências dos clientes	Todo e qualquer material ou produto empregado no projeto, deve ser de acordo com os planos dos clientes.

Este é um assunto que possui diversas bibliografias, que podem ser pesquisadas a qualquer tempo, por engenheiros ou profissionais atuantes nas áreas de produção, é de extrema notabilidade difundir tais conceitos no dia a dia de uma empresa, principalmente quando se tratar de construções da engenharia civil, haja vista possuir resoluções para os diversos problemas encontrados no abastecimento de produtos em áreas complicadas de fornecimento de materiais e serviços.

2.2 Logística de transporte na região oeste do estado - baixo amazonas

É de conhecimento de muitos, que atuar na construção civil em locais distantes de grandes centros urbanos, em regiões de difícil acesso, nunca será tarefa fácil, principalmente quando o projeto a ser executado é em áreas que possuem grandes períodos de chuvas, solos arenosos, restrições de modais de transportes, indisponibilidade de material natural e artificial, além da ausência de qualidade da mão de obra local, onde todas estas características podem ser relacionadas com os municípios que existem no baixo amazonas, no oeste do estado, o qual é fonte deste estudo a cidade de Alenquer.

Alenquer, possui somente dois tipos de modais de transportes, o hidroviário e o rodoviário, para entender o que seria isso, vamos tratar abaixo e ter maior conhecimento sobre este assunto tão difundido na área da logística.

2.2.1 *Um pouco sobre Transporte Hidroviário e Disponibilidade em Alenquer*

O transporte fluvial ou hidroviário utiliza-se dos rios como via de locomoção e também é chamado de navegação interior por se dar dentro de um país, e não na sua costa, como acontece na navegação de cabotagem. Razzoline Filho (2009, p. 171). É indiscutível as grandezas dos rios no território brasileiro, mas pouco tem usufruído dessa riqueza o sistema logístico nacional, pois, temos a maior rede hidrográfica do mundo e ainda não sabemos utilizá-la para benefício da nossa expansão comercial. Vale ressaltar, que investimento neste modal representaria maior distribuição de mercadorias e menor custo dos fretes diminuindo cada vez mais os preços dos produtos.

Fatores positivos que podemos destacar deste tipo de modal: maior capacidade para transporte; menor custo de locomoção; diminuição de carretas em rodovias, melhorando o tráfego de veículos. Podemos observar esses fatores positivos como um desafio as mudanças atuais, pois apesar de todos esses pontos de melhorias que seriam causados impulsiona ainda mais a economia.

Segundo Clovis Pires (2009, p. 188) à navegação fluvial, pouco é explorada no Brasil, o modal hidroviário tem sua confiabilidade e disponibilidade muito afetada pelas condições de tempo. Como no caso da Amazônia possui os períodos de cheias e estiagem, prejudica, o tráfego de distribuição em alguns períodos do ano.

A principal via hidroviária que é responsável por 80% a 90% de todo o escoamento de produtos e materiais para a cidade de Alenquer é através do rio amazonas em sua extensão, conforme mostrado na figura 3, onde segundo apontado por em-

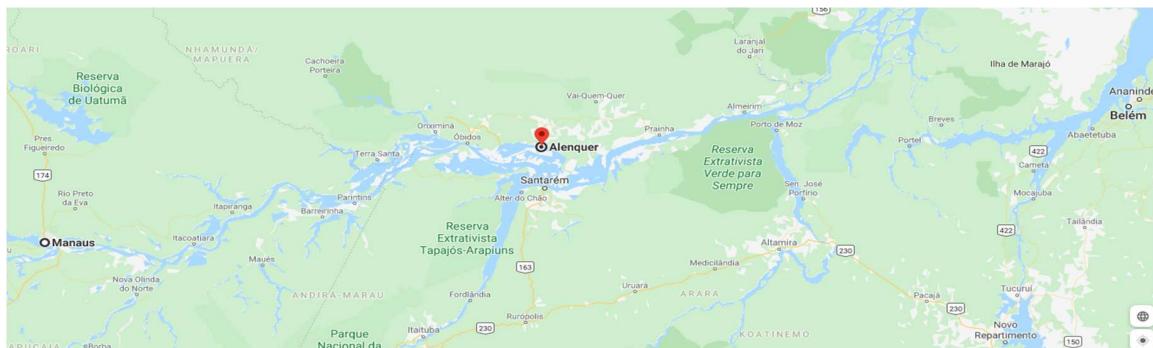
presários da cidade, ser a melhor opção de transporte, uma vez que sua capacidade de distribuição é maior, e o custo do frete torna-se em conta, em consequência disso o tempo de locomoção é considerado alto, contudo devido a alta trafegabilidade dos rios nessa região, mostra-se bastante competitiva, haja vista sua disponibilidade.

Em nosso estudo, observamos que as principais rotas de fornecimento são as apresentadas na tabela 2, onde incluímos a duração dos trechos para melhor percepção dessa logística hidroviária que abastece essa região.

Tabela 2 - Percurso e duração por hidrovia entre Belém-PA/Alenquer-PA, Manaus-AM/ Alenquer-PA,Santarém-PA/ Alenquer-PA

TRECHO	DURAÇÃO
Belém-PA/Alenquer-PA	78:00 horas
Manaus-AM/ Alenquer-PA	35:00 horas
Santarém-PA/ Alenquer-PA	5:00 horas

Figura 3 - Trecho hidroviário Manaus-AM/ Alenquer-PA/Santarém-PA/Belém-PA



Fonte: Google Maps, 2020.

2.2.2 Definindo o Modal Rodoviário e sua utilização em Alenquer

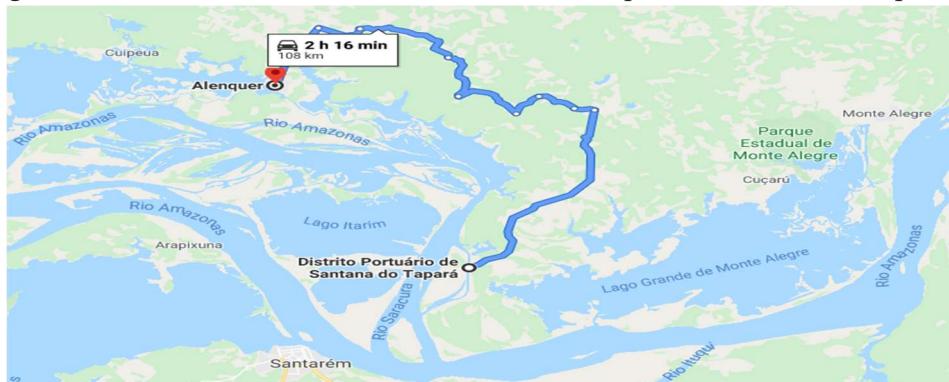
O modal rodoviário é um meio prático de transporte, no entanto, sua utilização no Brasil é diferente do que deveria ser, pois, percorre uma distância superior à média, e dessa forma acontece custos maiores e perdas significativas que podem ser evitadas. Sua característica é de extrema importância competitiva, como diz Razzoline Filho (2009, p. 153), onde mostra as vantagens avaliadas nesses segmentos abaixo:

- Permite serviço porta a porta (sem carregamento ou descarga entre o ponto de origem e o ponto de destino);

- Oferece uma frequência excelente (perdendo somente para os dutos);
- Tem maior disponibilidade;
- É o que apresenta maior velocidade, considerando-se distâncias menores, com vantagem de entrega porta a porta.

A rota principal de transporte rodoviário que interliga Santarém à Alenquer é saindo do porto de Santarém para o porto de Santana do Tapará - Monte Alegre, onde o percurso é realizado por travessia em uma balsa com capacidade de levar veículos pequenos à grandes, aproximadamente 2:30 horas de viagem, logo depois pegando a PA-255, há uma distância de 108 km até a cidade de Alenquer, onde durará em média de 2 a 3 horas devido às condições de infraestrutura da via, chegando a ter boa parte de “estrada de chão” até o destino. Segundo informações “in loco” somente 20% dos produtos chegam ou são levados via transporte rodoviário.

Figura 4 - Percurso entre Santarém-PA/Santana do Tapará- MTA - PA/ Alenquer-PA



Fonte: Google Maps, 2020.

3 PRODUTIVIDADE NO CANTEIRO DE OBRAS

É muito comum obras terem atrasos, e nem sempre conseguem concluir no tempo estimado. A baixa produtividade é um dos principais problemas no setor da construção civil no Brasil. Quando falamos de construção e envolvemos uma cidade de pouco acesso como Alenquer, se torna cada vez mais difícil de ter uma produtividade boa, o que envolve dificuldades, tanto com logística, transporte, entre outros. Portanto, para mantermos uma boa produtividade devemos primeiramente analisar os fatores que irão se apresentar na região, impactos, dificuldades, para termos o melhor resultado. E como conseguir esse melhor resultado? A melhor forma para tratarmos disso é estar à frente de riscos que podem afetar de alguma forma no desempenho da obra, saber os desafios que iremos enfrentar, trabalhar de forma correta e com estratégia, pois quanto maior o planejamento, maior produtividade e desempenho para a construção.

Outro aspecto que está relacionado a procura pela produtividade ideal, passa pela capacidade de mão de obra especializada, como mostrado no item 4.3, em Alenquer, não dispõe de muitos tipos, porém neste artigo frisamos locais que podem ser úteis para suprir tal necessidade, conforme visto na tabela 4. Segundo Janieyre Scabio Cadamuro (2013, pg.8) “para enfrentarmos os desafios atuais que envolvem o crescimento acelerado e a grande concorrência, o setor da construção civil necessita da mão de obra especializada. Isso porque a mão de obra desqualificada gera desperdícios e baixa produtividade, contribuindo para que o resultado final dos serviços prestados seja uma edificação com baixa qualidade e alto custo.”

Para evitar a ausência de mão de obra qualificada em uma construção nesse município, no mínimo a empresa deve fazer constante aperfeiçoamento da mão de obra local, potencializando dessa forma a capacidade produtiva das frentes de trabalho no canteiro.

Listamos abaixo ações que devem ser priorizadas para o planejamento inicial e como consequência o alcance no aumento de produtividade em um canteiro de obra em Alenquer, vejamos:

- Verificar previamente os materiais e serviços existentes na cidade;
- Verificar fatores de logística (fornecimento, estoque, transporte, carga e descarga e etc)
- Procurar fornecedores (banco de dados) nos principais centros urbanos como Santarém-PA, Belém-PA e Manaus-AM.
- Verificar empresas que fazem locação de maquinários e como chegar até a obra
- Contratar mão de obra especializada previamente, pensando sempre em substituição em caso de desistência.
- Capacidade da tensão de energia elétrica da rede urbana para uso de equipamentos específicos.
- Verificar redes de abastecimento de água
- Verificar check list de documentos dos órgãos municipal e estadual a respeito de licenças, alvarás, habite-se.
- Atentar-se ao período chuvoso (podendo alterar período inicial do cronograma como estratégia)
- Fazer aquisição de materiais em um grupo apenas de lotes para toda a etapa a ser construída.
- Sempre avaliar o Cronograma Físico Financeiro da obra

Produtividade é produzir com qualidade com alto desempenho e com uma maior porção, usando uma menor quantidade de recursos. Um dos maiores desafios que são enfrentados em Alenquer está relacionado ao período chuvoso, que

ocasiona um atraso e perdas na construção. O impacto da chuva reduz bastante no desempenho, trazendo prejuízos e reduzindo o rendimento, e afetando ou muitas vezes paralisando a obra.

A organização no canteiro afeta diretamente o tempo dos serviços e a produtividade dos grupos de trabalho que são os aspectos que mais impactam no custo final da obra. Por isso é sempre importante estabelecer com seu mestre de obras e sua equipe, o melhor jeito de se trabalhar para diminuir ao máximo o deslocamento das instalações durante a execução do projeto, evitando o desperdício de material e mão de obra.

4 METODOLOGIA

Trata-se de uma investigação qualitativa, com análise de informações coletadas em campo, a partir da observação da experiência relatada pelos profissionais atuantes em obras civis na cidade de Alenquer.

Também se utilizou de pesquisa bibliográfica de livros, artigos científicos e sites oficiais na internet, tendo em vista a correlação de conteúdos de outras áreas de conhecimento com a engenharia civil, como no caso, conteúdos a saber: Planejamento e Logística.

5 RESULTADOS E DISCUSÕES

5.1 Materiais disponíveis e indisponíveis da construção civil em alenquer

Por se tratar de um município que não possui grandes investimentos na construção civil, percebemos que a disponibilidade de materiais para a construção civil é baixo, se considerarmos a execução para projetos de médios e grandes porte, isto é, que demandam de uma quantidade alta de material, Alenquer não têm como suprir tal necessidade, e justamente por esse motivo veremos a princípio quais materiais temos a disposição, a saber:

- Alvenaria
- Agregado miúdo
- Madeira
- Cimento

5.2 Estratégias para compras de materiais indisponíveis

As alternativas para aquisição de materiais indisponíveis em Alenquer, são com fornecedores dos principais centros de distribuição da região, sendo as capitais

Manaus-AM e Belém-PA, e a cidade polo da região oeste do estado Santarém-PA. Abaixo, listamos os principais materiais da construção civil que são adquiridos por construtoras presentes no município em pesquisa realizada “in loco”.

Tabela 3 - Locais estratégicos para compra de materiais.

Cidade	Materiais	Modal de Transporte	Duração
Manaus - AM	<ul style="list-style-type: none"> • Cabos de energia • Transformadores • Geradores • Motores • Bombas • Quadros Elétricos • Lâmpadas • Disjuntores Industriais • Escoramento Metálico • EPS 	Hidroviário	35:00 h
Belém - PA	<ul style="list-style-type: none"> • Impermeabilizante • Forro • Esgoto • Tubos Hidráulico • Revestimento interno e externo • Louças Sanitárias • Vidro 	Hidroviário	78:00 h
Santarém - PA	<ul style="list-style-type: none"> • Aço • Elemento Pré-moldado • Esquadria • Madeirite • Combustíveis • Cubetas 	Hidroviário	5:00 h
Monte Alegre - PA	<ul style="list-style-type: none"> • Agregado graúdo 	Rodoviário	3:00 h

Salientamos, que a pesquisa realizada é para servir de orientação, não sendo exaustiva quanto a descrição de suas informações.

5.3 Serviços disponíveis em Alenquer

A subcontratação de serviços na engenharia, é algo tão comum, que muitas vezes achamos que encontramos em qualquer lugar ou local, porém em cidades que não possuem um mercado aquecido isso pode tornar incomum, como no caso de Alenquer, e outras mais cidades na Amazônia, que por estarem em áreas de

difícil acesso diminuem sua capacidade de manter tais atividades a todo instante, pensando nisso, nosso estudo aponta quais são os serviços considerados comuns no município e onde encontrá-los, conforme apresenta o item seguinte.

5.3.1 Serviço de mão de obra comuns disponíveis em Alenquer

- Carpinteiro
- Pedreiro
- Ferreiro
- Armador
- Pintor

5.3.2 Serviços especializados disponíveis em Alenquer

- Segurança no Trabalho
- Medicina do Trabalho

5.4 Alternativas de serviços e mão de obra especializada não encontrada em Alenquer.

A tabela 4, esboça quais serviços são encontrados na cidade que concentra maior gama comercial, estando próxima à Alenquer, conhecida por ser o polo da região oeste do estado, Santarém oferece uma das melhores alternativas e sugestões para aquisição de serviços, vejamos:

Tabela 4 - Serviços e profissionais disponíveis em Santarém-PA.

Cidade	Serviços
Santarém-PA	Perfuração de Estaca raiz Perfuração Estaca hélice contínua Concreto usinados Montagem de armaduras Fabricação de estrutura metálica Execução de revestimentos internos e externos Protensão Topografia Sondagem SPT Controle Tecnológico Orçamentos Projetos Construtivos e Complementares Arquitetos Engenheiros Eletricistas Engenheiros Mecânicos Engenheiros Sanitaristas Engenheiros Ambientais Engenheiros especializados em Cálculo estrutural Engenheiros Especializados em Solos Engenheiros Especializados em Fundação Engenheiros de Tráfego Engenheiros de Segurança

Algumas construtoras possuem em seu quadro de colaboradores profissionais capacitados nas áreas não disponíveis em Alenquer, advindos de outras cidades, bem como empresas parceiras em execução de obras, porém isso pode tornar mais custoso para mantê-los. Por isso, indicamos a variedade encontrada em Santarém-PA, por ser comum para estes moradores o conhecimento da região.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante deste trabalho foi demonstrado a importância do planejamento e como afeta diretamente a produtividade no canteiro de obras. Foram abordados no trabalho os principais desafios a serem enfrentados para obras de médio e grande porte, métodos de transporte fluvial e rodoviário e a importância do planejamento envolvido no empreendimento. Observou-se a grande deficiência de recursos na cidade de Alenquer, onde grande parte é fornecida de outras cidades, ocasionando a dificuldade de transporte de recursos para a obra.

É necessário conhecer alguns conceitos para que se possa obter soluções satisfatórias. Como por exemplo a coleta de dados da região, a disponibilidade de

materiais necessários para aquela obra e a logística necessária. O planejamento vem com o objetivo de encontrar as soluções para tais ocasiões futuras visando principalmente solucioná-las com o menor custo possível, tempo e manter a qualidade do serviço sem afetar a produtividade no canteiro de obras.

Junto a isso, planejar a quantidade e a alocação dos recursos necessários, entre esses a mão-de-obra, equipamentos e materiais. É fundamental a análise prévia de custos e prazos. O intuito deste estudo de caso não foi somente mostrar problemas que empresas de construção, mas também algumas das formas que são utilizadas para sanar as dificuldades que envolvem a tal região.

REFERÊNCIA

BOWERSOX, Donald J. Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento. São Paulo: Atlas, 2001.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, disponível no sítio eletrônico <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/alenquer/panorama>, publicação 2017, acessado em 06/03/2021.

NOVAES, A. G. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de, planejamento estratégico: conceitos, metodologia e práticas, 34^a edição. São Paulo: Atlas, 2018.

PREFEITURA DE ALENQUER, Assesoria de Imprensa, disponível em <http://alenquer.pa.gov.br/site/turismo/>, acessado em 05/03/2021.

RAZZOLINE FILHO, Edelvino. Logística: evolução na administração - desempenho e flexibilidade. Curitiba: Juruá, 2006.

RAZZOLINE FILHO, Edelvino. Transporte e Modais com Suporte de TI e SI. 2^a edição. Curitiba: IBPEX, 2009.

RAZZOLINE FILHO, Edelvino. Logística Empresarial no Brasil. Curitiba: IBPEX, 2012.

RUSSO, Clovis Pires. Armazenagem, Controle e Distribuição. Curitiba: IBPEX, 2009.

SCABIO CADAMURO, Janieyre. Liderança no canteiro de obras. Curitiba: Intersaber, 2013.

CAPÍTULO 20

VERIFICAÇÃO DA QUALIDADE DOS BLOCOS CERÂMICOS DE DIFERENTES FABRICANTES COMERCIALIZADOS EM SANTARÉM SEGUNDO A NBR 15270

*VERIFICATION OF THE QUALITY OF CERAMIC BLOCKS
FROM DIFFERENT MANUFACTURERS MARKETED IN
SANTARÉM ACCORDING TO NBR 15270*

Charles Leandro Lima Mendes¹
Leandro Freire Ficagna²
Marlyson Jose Silveira Borges³

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.20

¹ Centro Universitário da Amazônia, <https://orcid.org/0000-0001-6510-6859>, leandro.ficagna@hotmail.com,
² Centro Universitário da Amazônia, <http://lattes.cnpq.br/5706413353401387>, charles.engs12@gmail.com,
³ Centro Universitário da Amazônia, <http://lattes.cnpq.br/4758477677750312>, Silveira-Borges@hotmail.com,

RESUMO

A melhoria da qualidade de um bloco cerâmico além de minimizar custos traz mais segurança a edificação, pois este é um dos componentes mais básicos na área da construção em alvenaria e um material de extrema importância que pode definir também a durabilidade de uma edificação. Dito isto, o presente artigo busca apresentar os resultados quanto a uma avaliação feita em conformidade dos blocos cerâmicos de acordo com as prescrições contidas na NBR15270. Para isso foi realizado um estudo entre algumas amostras de tijolos de diferentes olarias na cidade de Santarém, buscou-se com isso verificar as divergências contidas nessas amostras com relação a sua qualidade e documenta-las. Com relação a pesquisa visual, das 4 marcas avaliadas, 40% de duas destas foram rejeitadas quando se tratou do quesito de características visuais, pois apresentaram deformidades e no que se trata de identificação. E na característica de informação nenhuma das marcas continham identificação de fábrica, por tanto todas foram rejeitadas. Ao averiguar as características geométricas, foi identificado que das 4 marcas analisadas 20% dos blocos colidos foram rejeitados. Da quantidade total de tijolos usados nesta pesquisa, que foram produzidos na cidade de Santarém, sobre o quesito absorção de água, das quatro marcas apenas 1 teve uma porcentagem maior de rejeição sendo essa de 50%, a mesma porcentagem para as quatro marcas no quesito resistência mecânica. Com isso pode-se notar o quanto é necessário que haja investimentos em estruturas, tecnologia, e treinamento de pessoal. Com a melhoria da qualidade do produto que irá chegar ao comprador e uma total adequação a norma, é esperado que as empresas criem maior competitividade entre si, iniciando assim uma maior qualidade no produto consumido.

Palavras-chave: Bloco cerâmico. NBR 15270. Construção civil

ABSTRACT

Improving the quality of a ceramic block, in addition to minimizing costs, makes the building more secure, as this is one of the most basic components in the area of masonry construction and an extremely important material that can also define the durability of a building. That said, this article seeks to present the results of an assessment made in accordance with the ceramic blocks in accordance with the requirements contained in NBR15270. For this, a study was carried out among some samples of bricks from different potteries in the city of Santarém, we sought to verify the differences contained in these samples in relation to their quality and document them. Regarding the visual research, of the 4 brands evaluated, 40% of two of them were rejected when it came to the requisite of visual characteristics, as they

presented deformities and in terms of identification. And in the information feature, none of the brands contained factory identification, so all were rejected. When verifying the geometric characteristics, it was identified that of the 4 analyzed marks, 20% of the collated blocks were rejected. Of the total amount of bricks used in this research, which were produced in the city of Santarém, regarding the item water absorption, only 1 of the four brands had a higher percentage of rejection, which was 50%, the same percentage for the four brands in the item mechanical resistance. With that, it can be seen how much it is necessary to have investments in structures, technology, and personnel training. With the improvement in the quality of the product that will reach the buyer and a total adjustment to the standard, companies are expected to create greater competitiveness among themselves, thus initiating a higher quality of the consumed product.

Keywords: ceramic block. NBR 15270. Civil construction

1 INTRODUÇÃO

Na área da construção civil existe um mercado que está cada vez mais competitivo provocando maior procura para reduzir os custos de produção, logo é necessário o continuo investimento na melhoria do processo de produção e da qualidade final, a produção de tijolos está em meio a isso, amplamente utilizado em construções, “A Alvenaria é uma estrutura que utiliza pedras, tijolos ou blocos unificados por argamassa. Tendo por objetivo oferecer resistência, vedar espaços e fornecer proteção acústica e térmica para uma construção” (VIVADECORA, 2020), no entanto vários fatores podem interferir na qualidade do produto prejudicando o usuário final.

Contudo as normas são um padrão de qualidade a ser seguido, pois de acordo com Thomaz (2009) os blocos cerâmicos utilizados na execução das alvenarias de vedação, com ou sem revestimentos, devem atender à norma NBR 15270-1, a qual, além de definir termos, fixa os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigíveis no recebimento.

O procedimento usado para fabricar a cerâmica vermelha, conhecida por esse nome por sua cor após a queima, é tido como uma prática simples, e por esse fato ocorre uma certa desvalorização da cultura técnica, que engloba todo um processo, e toda essa desvalorização pode levar o setor em si, a cometer diversos erros. Já que, nesse tipo de mercado é comum que as empresas precisem atuarem como sendo de caráter polivalente, que deve realizar numerosas etapas de processamento,

das quais são a mineração, beneficiamento, preparação, conformação, secagem e queima, obtendo no fim o produto final.

Os blocos cerâmicos possuem grande utilização no mercado da construção civil em virtude de serem materiais versáteis e de fácil manuseio, pois a alvenaria é o processo construtivo tido como mais antigo encontrado na história das civilizações, ou seja, o mais utilizado como técnica de construção em edifícios residenciais, públicos, em pontes, torres, igrejas, entre outros.

Andrade (2011) declara que a alvenaria caracteriza-se como um dos maiores volumes de materiais e de serviços em obra, além disso, o bloco cerâmico se destaca por ser um material não metálico e inorgânico, o que lhe confere diversas qualidades que o definem como de fácil utilização. Porém, segundo Sandes (2008) ainda que esse mercado obtenha a aceitação do mercado, as dificuldades existem, e elas giram em torno de se conseguir encontrar blocos que atendam de forma correta os requisitos esperados pela qualidade dos padrões apropriados para que se determine a obra em questão como durável e confiável. O que não se torna tarefa simples, visto que devesse entender a princípio quais os problemas principais que levam a essa desvalorização por falha nos procedimentos de qualidade.

Entretanto a maioria dos produtos fabricados não possuem um controle de qualidade satisfatório, isso acaba por levar a blocos cerâmicos que não atendem às normas vigentes quanto às propriedades geométricas, físicas e mecânicas. De acordo com Vásquez (2005, p. 14), “a qualidade final das obras realizadas pela indústria da construção civil depende diretamente da qualidade dos materiais fornecidos e utilizados durante todas as fases de execução das mesmas”.

Sabendo dos problemas que ocorrem no setor cerâmico brasileiro e o seu reflexo na atuação sobre a qualidade dos produtos disponíveis para o consumidor, existem principalmente em função da existência da não conformidade técnica intencional. Dessa forma, uma inquietação do setor da construção que venha a empregar esses produtos está em usufruir de materiais de qualidade, o que tem sido um grande problema enfrentado pelas construtoras e consumidores atualmente.

Desse modo, esta pesquisa visa a demonstração do que deve ser feito para atingir essa qualidade no produto motivados pela demanda e pelos dados apresentados, tornando isto numa medida que alcança o nível satisfatório de qualidade. Nesse contexto, demonstra-se que é de fundamental importância realizar pesquisas em relação ao desempenho dos blocos cerâmicos, e neste caso os blocos produzidos na região de Santarém no Pará. O objetivo deste trabalho é apresentar que resul-

tados se tem em relação a uma avaliação que deverá ser realizada no intuito de demonstrar a conformidade dos blocos cerâmicos conforme as prescrições contidas na NBR15270.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico e requisitos gerais da NBR 15270

A construção a partir da alvenaria é muito antiga, utilizada por antigas civilizações em suas construções, no brasil edificações em alvenaria ainda ocorrem de forma ampla.

O tijolo é um produto cerâmico geralmente utilizado na construção civil, sendo um dos principais materiais de construção, com as exigências nesse mercado cada vez mais crescentes as normas chegam a ser utilizadas em prol de reduzir custos e manter sua qualidade, de acordo com a ABNT(2005) os blocos não devem apresentar patologias, de forma que venham danificados com superfícies irregulares respeitando suas características geométricas, sendo aceito pequenos desvios de no máximo 3 milímetros por peça individualmente,

Já sua resistência é calculada sobre a área bruta do bloco, outras características são visíveis a partir da vedação definidas a partir da massa seca e da absorção de água.

Como já percebido, os blocos cerâmicos são um dos componentes básicos usados na construção civil, seja para vedação ou estruturação, assim sendo, como é aquele que se usa para firmar uma construção então torna-se ainda mais primordial que seja seguida de forma correta e padronizada a produção do material. Dessa forma vemos que segundo Vásquez:

as normas técnicas desenvolvidas pela ABNT visam unificar critérios quanto aos requisitos mínimos necessários que os produtos devem satisfazer, com base no Código de Defesa do Consumidor, de maneira que suas expectativas e exigências quanto à qualidade, confiabilidade, segurança, vida útil do produto e investimento, sejam satisfeitas. (VASQUEZ, 2005)

Sendo assim, espera-se que as normas se tornem algo do qual devessem tomar mais cuidado, pois são as normas que uniformizam os produtos junto ao método, trazendo ao final para seu cliente maior satisfação.

E de acordo com o 5º CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA (2007), “o comportamento inadequado dos materiais para acabamentos provoca a ocorrência das manifestações patológicas mais comuns nas edificações, ocasionando transtornos aos usuários e altas despesas de manutenção e reparos.” Ou seja, a falta de

padronização dos produtos em cerâmica contribui para o baixo desempenho destes em relação aos seus similares, tornando mais difícil de se conseguir um padrão de qualidade, pois o que ainda se vê é falta na formalização dos processos.

2.2 Da fabricação de Blocos cerâmicos

Sabe-se que o processo produtivo é de grande importância, bem como a matéria-prima usada, todos devem estar dentro dos padrões da NBR 15270. Desde o início da produção a “argila” pode ser usada como matéria prima e de acordo com a ABNT, as argilas são compostas de partículas coloidais de diâmetro inferior a 0,005 mm, com alta plasticidade quando úmidas, e que, quando secas, formam torrões dificilmente desagregáveis pela pressão dos dedos.

Assim sendo, é a matéria prima argilosa que cria o bloco cerâmico, e uma de suas maiores características se percebe quando este bloco entra em contato com água, nesse momento a argila demonstra uma qualidade plástica. Com relação à água, comprehende-se que o teor de umidade é um ponto relevante, uma vez que esta pode intervir na estabilidade dimensional dos blocos que são conformados pelo processo de extrusão (BRAGA; SANTOS; SALES, 2016).

Por ser importante que o tijolo possa suportar a absorção de água, a argilas na presença de água desenvolvem uma série de propriedades tais como: plasticidade, porosidade, resistência mecânica a úmido, retração linear de secagem, compactação, tixotropia e viscosidade de suspensões aquosas. Sendo estas as necessidades para se fazer um bloco.

Após o processo de queima da argila, surge a cerâmica vermelha, ou o, bloco/tijolo cerâmico deve ser fabricado por conformação plástica de matéria-prima argilosa, contendo ou não aditivos, e queimado a temperaturas elevadas.

Bauer (2012) define cerâmica como: Chama-se cerâmica à pedra artificial obtida pela moldagem, secagem e cozedura de argilas ou de misturas contendo argilas. Em certos casos, pode ser suprimida alguma das etapas citadas, mas, a matéria-prima é a argila. Nos materiais cerâmicos a argila fica aglutinada por uma pequena quantidade de vidro, que surge pela ação do calor de cocção sobre os componentes da argila (BAUER, 2012, p.526).

Inicia-se o processo de tratamento térmico do bloco pela secagem do mesmo, onde pode ser feito de forma natural, ou artificialmente. Ao natural, os blocos são empilhados em um pátio e secam a partir da ação climática, já de forma artificial pode ser feita em grade sobre trilhos ou para algum túnel onde a secagem ocorrerá através de secadores (SPOSTOA; MORAISB; PEREIRAA, 2007). Sendo esta uma

etapa muito importante durante o período de produção dos blocos, pois depois da formação das peças, elas ainda ficam com um pouco de água.

Desse modo para que possam evitar que haja defeitos nas peças, faz-se necessário a retirada de toda a água, lentamente com secadores, em uma temperatura que pode variar entre 50 °C e 150 °C.

Os mesmos autores Spostoa; Moraib; Pereiraa (2007) também explicam que o processo de queima é fundamental para que seja finalizado de forma adequada o processo de produção dos blocos cerâmicos. Atualmente o processo é feito em fornos com indicadores computadorizados, que ajudam também na economia de energia o que é considerado produção sustentável. Sendo assim, após o processo de secagem, os blocos devem ser submetidos a tratamento térmico que é basicamente colocar os blocos em um forno a uma temperatura elevada que pode chegar na maioria das vezes em até 800 °C, variando para 1700 °C.

2.3 Caracterização dos blocos cerâmicos conforme a NBR 15270-1

Partindo para as normas novamente, a NBR 15270 determina que “Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria”, devem possuir certas características geométricas, visuais, físicas e mecânicas que os blocos e tijolos cerâmicos produzidos no Brasil devem.

Deste modo eles devem trazer gravada, a um de seus lados externos, a identificação do fabricante e do bloco ou tijolo em baixo relevo ou reentrância, sendo que suas características devem ter no mínimo 5 mm de altura, para que não prejudique o seu uso, tendo minimamente informações como: CNPJ e a razão social ou nome fantasia do fabricante; dimensões nominais, em centímetros, na sequência largura (L), altura (H) e comprimento (C), na forma (L × H × C), podendo essa ser suprimida a inscrição da unidade de medida, em centímetros; indicação de rastreabilidade: lote ou data de fabricação; algum serviço de atendimento ao cliente como telefone ou email, importador ou revendedor/distribuidor; para blocos/tijolos da classe EST, as letras EST (indicativas de sua condição estrutural) após a indicação das dimensões nominais.

Também, como já foi referenciado, o processo produtivo é de grande importância, já que para Silva et al. (2006) que define a racionalização na construção civil pode ser definida como a utilização de técnicas em contexto mais evoluídas com o propósito de aplicar os recursos de maneira mais eficiente nas atividades desen-

volvidas na construção da edificação, sendo a racionalização das estruturas e das alvenarias as de maior prioridade.

Permitindo também a execução de projetos rationalizados através do sistema – reduzindo as perdas materiais, a diminuição de entulho e maior agilidade na obra. É importante que esses materiais sigam às normas técnicas em sua fabricação. No Brasil, as indústrias têm que adotar novas estratégias de produção, para compensar a defasagem tecnológica frente à revolução industrial no hemisfério Norte e sobreviverem em um cenário de economia globalizada (PEINADO; GRAEML, 2007).

Isso, de conformidade com a A NBR 15270-1:2017 também apresenta uma definição para alvenaria estrutural: “A principal função do sistema de alvenaria estrutural é resistir aos esforços solicitados pela edificação substituindo as vigas e pilares, porém, podendo ainda conter armadura, vergas e contra vergas, além de exercer a função de vedação” (ABNT, 2017a).

a importância da aplicação do Controle Estatístico de Processos é a produção com menor variabilidade propiciando níveis melhores de qualidade, o que, por sua vez, também representa menores custos. A redução dos custos é de primordial importância para as indústrias sendo, portanto, o principal motivo da busca pela implantação do controle estatístico nos processos produtivos. (SAMOHYL, 2009)

Através de uma análise racional sobre os componentes de uma alvenaria, mais precisamente os blocos, pode-se afirmar que as propriedades de tais componentes devem ser compatíveis com as exigências e condições de exposição da alvenaria por eles constituída durante as etapas de execução e uso. Com o rigor imposto pelas normas que regem o setor, quanto a questão da qualidade dos blocos estruturais – geometria bem definida, classe de resistência a compressão, controle de qualidade na produção e recebimento dos materiais. Para que essas funções sejam cumpridas com sucesso as especificações de projeto devem ser levadas em consideração e a alvenaria deve ser construída com materiais de qualidade.

A qualidade dos materiais usados na alvenaria é colocada como um dos indicadores de sustentabilidade ambiental e econômica e o bloco cerâmico se mostra benéfico por conta do menor custo em relação aos blocos de concreto e de gesso, entretanto, o bloco cerâmico apresenta a maior perda no fluxo de produção (ANDRADE, 2011)

Para lembrar que além de toda a caracterização, ainda devem seguir padrões de qualidade sustentável. Lembrando que a no meio de setor um indicador de sustentabilidade ambiental é percebido através da qualidade dos materiais usados na alvenaria, também pode se perceber a sua qualidade por meio do indicador econômico, já que o bloco cerâmico tem se mostrado favorável por causa do seu custo,

sendo ele o mais econômico em relação aos blocos de concreto e de gesso, mas ainda assim é o que mais se tem perda durante o fluxo de produção.

Contudo, ainda se deve verificar situações como a caracterização e detalhes de cada bloco, segundo a ABNT, como as dimensões do produto, a característica geométrica, índice de absorção de água e a resistência a compressão.

Com isso, ao seguir os procedimentos corretamente, espera-se que a produção dos blocos ocorra de forma a não ocorrerem demasiadas perdas, trazendo a qualidade pedida pela norma e a sustentabilidade sugerida também por esta. Entretanto, é necessário que as empresas do setor se adequem ao método sugerido, ou não será possível alcançar a qualidade do produto.

3 METODOLOGIA

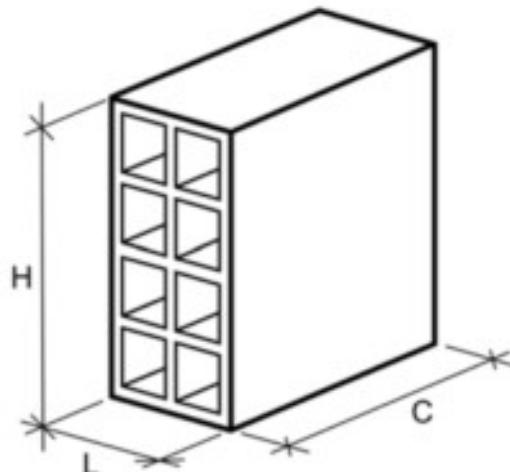
A pesquisa deverá ser realizada a partir da busca de uma amostra de cada olaria que fará parte desta pesquisa localizadas na cidade de Santarém, no oeste do Estado do Pará, com o intuito de fazer testes para conferir a fabricação conforme os procedimentos de ensaios definidos na norma NBR15270-3, analisando itens como a sua superfície, medidas, absorção a partir de ensaios físicos e mecânicos.

Considerando que este trabalho visa demonstrar a importância em se importar com a implantação de mecanismos que pretendem opor-se a não conformidade na produção de blocos cerâmicos para alvenaria, assegurando o cumprimento da norma NBR15270-3. Assim, serão usadas uma quantidade de 15 amostras. Essas amostras de tijolos serão coletadas de olarias certificadas e não certificadas da região de Santarém no estado do Pará. Para que seja feita uma comparação entre elas, e retirados os resultados esperados nesta pesquisa, usando os dados colhidos diretamente nas olarias usadas nesta pesquisa.

Assim sendo, o método usado será separado em etapas, para que seja mais fácil de se explicar o que está sendo pesquisado, e desse modo deixar claro qual o propósito desta pesquisa.

Na primeira etapa serão identificadas as características e dados desde fabricantes até dimensões, pois de acordo com a norma NBR15270-3 os blocos devem vir obrigatoriamente com a identificação gravada em uma de suas faces externas em baixo relevo ou reentrância, os caracteres devem ter até 5mm de altura, devendo apresentar a identificação da empresa.

Figura 1 - Bloco cerâmico de vedação com furos na horizontal.



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005

Como na figura 1 o bloco deve ter dimensões em centímetros, na sequência largura (L), altura (H) e comprimento (C), na forma ($L \times H \times C$), podendo ser suprimida a inscrição da unidade de medida em centímetros, o formato de prisma devendo ser totalmente, ou no mínimo do possível reto.

Seguindo corretamente os requisitos determinados pela norma, pode-se garantir a qualidade do material, bem como as dimensões efetivas de largura, altura e comprimento, devem apresentar uma tolerância individual de $\pm 5\text{mm}$. Já as dimensões conforme a média dos blocos é de $\pm 3\text{ mm}$, para que seja como solicitado na norma.

Também a espessura dos septos dos blocos cerâmicos, suas aberturas na lateral dos blocos, deve ser de no mínimo 6 mm, já a espessura das paredes externas deve ser de no mínimo 7mm, como o demonstrado na figura 2, pois a espessura demonstrará a capacidade de aguentar mais peso.

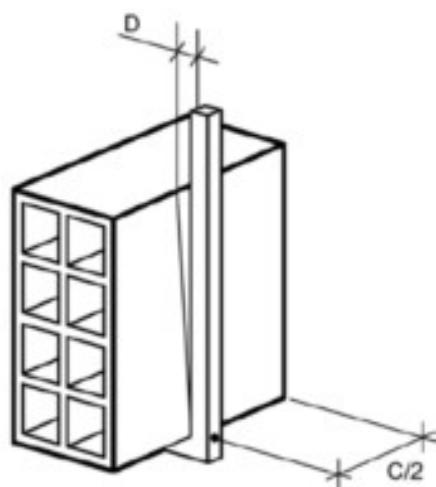
Figura 2 - Locais para medições da largura (L), altura (H) e comprimento (C).



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005

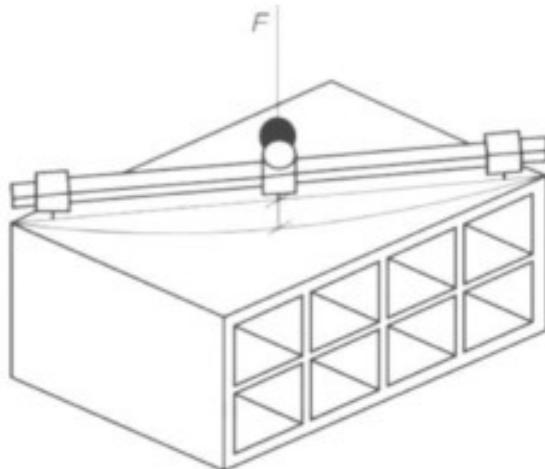
Partindo disto, na segunda etapa os blocos serão classificados visualmente, a olho nu, vendo se ao colocá-lo em uma superfície plana e lisa possa ser verificado irregularidades e defeitos que impeçam no uso correto dos materiais, verificando sua forma e como o material se comporta em relação ao seu uso durante o processo para torná-lo um produto final. Assim, deverá se verificar a planeza dos blocos, ao serem alinhados ao esquadro em uma superfície maior, a medição do desvio é feita com o paquímetro, entendo que o limite máximo do desvio da planeza é de 3 mm, como visto na figura 4.

Figura 3 - Desvio em relação ao esquadro – representação esquemática



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005

Figura 4 - Planeza das faces – representação esquemática

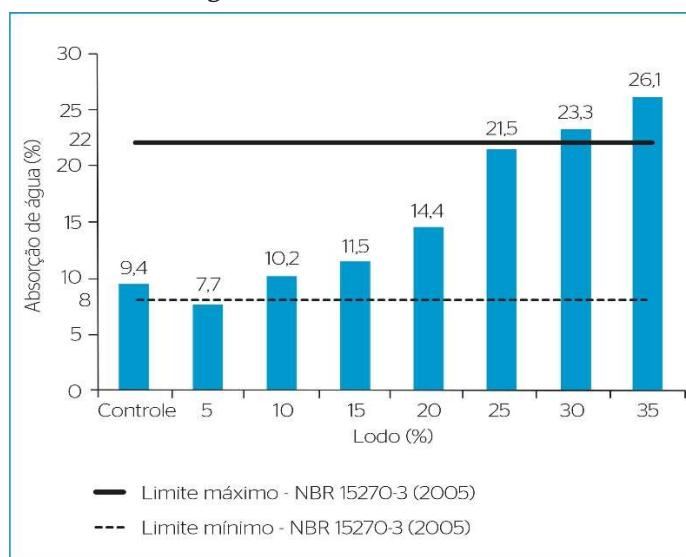


Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005

Na terceira etapa será feita a retratação das características geométricas, onde serão utilizadas ferramentas como régulas, paquímetros, entre outros para que as medidas sejam exatamente descritas. Segundo a norma o desvio de esquadro é conferido com o uso da régua metálica por meio da medida do afastamento entre os lados perpendiculares dos blocos sobre placa de vidro, como na figura 3 demonstra a tolerância máxima é de 3 mm para que o corpo de prova seja aceito.

A quarta etapa irá determinar o índice de absorção de água pela peça usada/testada e será feito um comparativo entre cada amostra e o demonstrado as falhas segundo a norma. De acordo com a norma a absorção deve variar entre 8% à 25%, como na figura 5.

Figura 5 - índice de absorção.



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005

Na última etapa será verificada a resistência de cerca de 10 blocos de tijolos para apurar a medida de carga de compressão em toneladas-força, dividida pela área, desse modo chegando a um valor de tensão em Mpa.

Figura 6 - foto de bloco passando por processo de compressão.



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Identificação

De todas as marcas que foram assistidas nesta análise, sendo elas 4, nenhuma foi aprovada, por estarem ilegíveis ou não apresentarem a identificação, reentrância de cinco milímetros do fabricante e também por não exibirem dimensões de fabricação. Nos lotes avaliados, todas as marcas não atenderam a norma, deixando de exibir a identificação do fabricante e as dimensões do bloco. Entende-se que as marcas apresentadas não possuem certificação, e que isto advém de empresas mais antiquadas que possuem caráter familiar onde ela é passada de geração para geração.

De todas as empresas que foram visitadas e as marcas usadas para essa pesquisa, percebeu-se que estas não têm uma boa estruturação do seu ambiente, e que não procuram investir em programas de qualidade, pois seu maior intuito é produzir em larga escala para obter lucro rápido. Sendo assim explicado a baixa qualidade apresentada pelos produtos usados nesta pesquisa, ou seja, a falta de adequação às normas.

4.2 Características visuais

Conforme (ABNT, 2005), os blocos não podem apresentar: quebras, superfícies irregulares e/ou deformações, que impeçam o seu emprego corretamente na função

específica. Algumas das peças das marcas Cerâmica Tapajós e Tijolão apresentaram uma maior deformidade em suas formas, já as marcas Cerâmica Curuai e Asteka apresentaram uma menor deformidade, entretanto estavam no limite normativo e por isso foram aceitáveis.

O número de peças não conformes não ultrapassou o superior ao quantitativo integral de peças apresentados, sendo assim aprovadas também na questão conformidade. De acordo com Ripper (1995), a estocagem de tijolos deve ser feita em uma superfície plana, limpa e sem umidade, eles devem ser empilhados a uma altura que deve atingir no máximo 1,80 metro com seus furos na posição vertical. Entretanto não é o que realmente ocorre, os blocos encontram-se em circunstâncias totalmente oposta ao que deveria ser realmente, levando a falhas futuras que causarão problemas a quem usar este material.

4.3 Características geométricas

Tabela 1 - Resultado da pesquisa de campo

Descrição	Esquadro mm	Planeza		Absorção kg	Peso Seco kg	Dimensões			Compressão Mpa	Medições		
		Desvio Estremidades mm	Desvio Central mm			Comprimento cm	Largura cm	Altura cm		Septos cm	Paredes externas cm	
Cerâmica Curuai	0	0,14	0,44	0,59	2,214	2,032	23,1	8,68	12,1	2,83	0,72	0,79
Cerâmica Asteka	0,54	0,06	0,16	0,07	2,934	2,428	23,9	8,81	13,9	1,88	0,73	0,89
Cerâmica Tapajós	0,1	0,82	0,1	0,53	2,406	2,09	23,3	8,81	13,4	1,49	0,86	0,84
Cerâmica Tijolão	0,61	0,67	0,25	0,48	2,98	2,514	23,4	8,8	13,9	1,2	1,01	0,89

Fonte: Autores, 2021

Das marcas usadas na pesquisa apenas a marca cerâmica Curuai, apresenta dimensões um pouco menores em suas medidas com relação as outras, sendo aceitável, da mesma forma as outras 3 marcas, onde a marca Tapajós apresentou dimensões um pouco parecida com a Curuai.

Quanto a espessura as marcas Tapajós e Tijolão foram rejeitadas por apresentar não conformidade na medição dos septos e espessura das paredes externas. A marca Asteka apresentou não conformidade em suas paredes externas, bem como a Curuai.

O esquadro das 4 marcas está em conformidade, pois não ultrapassou 3mm, ficou em um nível de valor adequado, ficando a Curuai com 0mm e a Tapajós com 0,1mm. Com relação à planeza das faces as 4 marcas possuem não conformidades, sendo que a marca Curuai apresentou 0,14 mm desvio de extremidades e 0,59 mm de desvio central, a marca Asteka apresentou desvio extremidades 0,06/0,16 e 0,07 desvio central, a marca Tapajós apresentou 0,82 de desvio extremidades e 0,1 des-

vio central e pôr fim a Tijolão apresentou desvio extremidades 0,67 e 0,48 desvio central. Entretanto estão dentro do possível aceitável pela norma. Estas medidas funcionam muito bem em qualquer lugar que queira se adequar as normas.

4.4 Características Físicas

Com relação a absorção de água as marcas Curuai, Tapajós e Tijolão apresentaram um índice dentro do limite e por isso foram aprovadas. Já a marca Asteka apresentou índice de absorção de água acima do limite de 22%.

Figura 7 - Na ordem esquerda para a direita (exceto o menor) Cerâmica Curuai, Cerâmica Tapajós, Cerâmica Tijolão e Cerâmica Asteka.



Fonte: Autores, 2021

Figura 8 - Cerâmica Asteka



Fonte: Autores, 2021

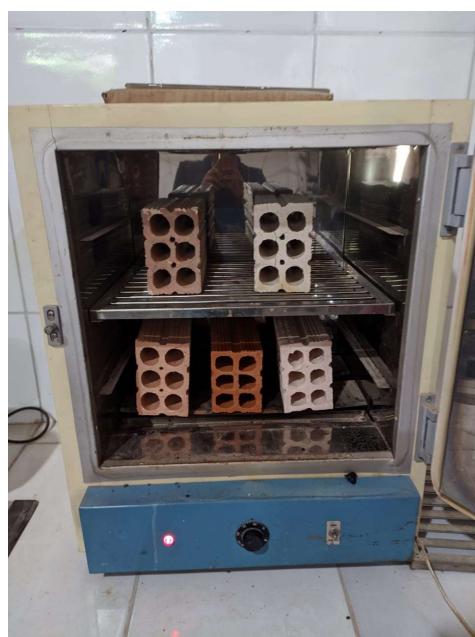
Figura 9 - processo de secagem dos blocos



Fonte: Autores, 2021

Desse modo, com relação a absorção a marca Asteka, apresentou absorção acima de 22%, como mostra na tabela 1. Em relação as outras marcas. De acordo com Gomes (1988), para que haja uma melhor distribuição dos grãos e índice de absorção de água o tamanho do grão na argila deve ser homogêneo, pois isto favorece o empacotamento denso e eleva a resistência do grão de argila. As argilas possuem uma elevada superfície específica característica muito importante na indústria cerâmica, em que a interação sólido-fluido depende diretamente da superfície do sólido.

Figura 10 - Tijolos no tanque de água



Fonte: Autores, 2021

4.5 Características mecânicas

Sabe-se que o processo de queima é muito importante, já que é por causa desse procedimento que o material consegue propriedades pertinentes a seu uso, são elas: dureza, resistência mecânica, resistência às intempéries e aos agentes químicos. A temperatura considerada ideal de queima é de 900 °C à 1000 °C, toda essa temperatura serve para deixar o bloco mais resistente. Normalmente o tempo necessário é de 10-30 horas para o aquecimento (730 °C a 870 °C), 6-8 horas de temperatura máxima (900 °C a 1100 °C) e 6-25 horas para resfriamento (estágios de aproximadamente 50 °C).

Figura: 11 Mpa

Compressão Mpa	Medições cm	
	Septos	Paredes externas
2,83	0,72	0,79
1,88	0,73	0,89
1,49	0,86	0,84
1,2	1,01	0,89

Fonte: Autores, 2021

Figura 12: Cerâmica Tapajós



Fonte: Autores, 2021

Sobre a compressão dos blocos entende-se que, deve ser maior ou igual a 1,5 Mpa para os blocos usados com furos na horizontal, e maior ou igual a 3,0 Mpa para blocos usados com furos na vertical. Os resultados para este ponto foi que Curuai possui uma compreensão de 2,83 sendo o de maior Mpa, Asteka com 1,89 Mpa,

Tapajós 1,49 Mpa, sendo assim aprovadas nesse quesito, entretanto a marca Tijolão apresentou uma compreensão menor que 1,5 Mpa, sendo seu Mpa atual 1,2 Mpa sendo esta reprovada.

Nesta etapa pode -se dizer que conforme a Norma ABNT (2005) as medições obtiveram o mínimo do superior esperado, apesar disto uma análise mais aprofundada poderia ser realizada, chegando a resultados mais detalhados. Na região de Santarém existe uma necessidade de mínimo a quantidade de aprovados

As demais marcas certificadas da região de Santarém tiveram seus três lotes aprovados, evidenciando qualidade nessa etapa de confecção principalmente na queima, que é realizada em fornos contínuos, ao estilo de vagões mais modernos, possibilitando atingir melhoria nas características mecânicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final desta pesquisa, foi possível ver que os resultados demostram que a falta da conformidade com a norma, detém resultados que terão consequência ruins futuramente, a falta de esforço para adequar os meios de produção habilita um produto inferior. Ainda existe muito o que se fazer para alcançar um nível aceitável para a NBR, muito o que mudar e estudar para mudar certos modelos antiquados das empresas no ramo da olaria.

Sabendo disso, podemos perceber que a informação sobre a norma, pode ser o início de uma mudança de pensamentos, pois mostrará que o investimento em tecnologia novas e eficientes é um aliado econômico a empresa, bem como especializar os trabalhadores e fiscalizar todo o processo produtivo de forma minuciosa.

Por fim, a qualidade esperada dos produtos pela norma irá melhorar com o tempo, e serão produzidos blocos cerâmicos condizentes com a norma de forma mais racional, procurando sempre agradar seus clientes oferecendo um produto ao mercado que esteja em conformidade com a norma NBR 15270.

REFERÊNCIAS

5º CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 2007, Curitiba/SP. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS BLOCOS CERÂMICOS COMERCIALIZADOS EM CURITIBA [...]. [S. l.: s. n.], 2007. Disponível em: https://abceram.org.br/wp-content/uploads/area_associado/51/artigos/51cbc-3-04.pdf. Acesso em: 14 maio 2021.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15270 -1 (2005) -**

Componentes cerâmicos – Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação. Disponível

Em: www.abnt.com.br. Acesso em: 1 marc. 2021.

ANDRADE, G. C. **Sistema de vedação racionalizada.** Concrete show – ABCP (2011). Disponível em: <http://docplayer.com.br/11998762-Sistema-de-vedacao-racionalizada.html> Acesso em 25 set. 2021

ALVES, J. P. C.; CARVALHO, F. S.; GUIMARÃES, J. P.; OLIVEIRA, T. N.; LIMA, D. P.. **Análise da qualidade dos blocos cerâmicos de vedação produzidos no município de Porto Nacional (TO).** Engineering Sciences, v.7, n.1, p.22-29, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2019.001.0003>

BAUER, Luiz Alfredo Falcão (Comp.). **Materiais de construção civil: Volume 2.** 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012

BRAGA, W. A., SANTOS, M. W. L. C., SALES, J. C. Qualidade na indústria de cerâmica vermelha: medidas e alternativas para o controle dimensional. Cerâmica Industrial, v. 20, n. 5/6, 40-43, 2016

CICER, Taillan. **Estudo Comparativo De Viabilidade Econômica Para Uma Edificação Com Bloco Cerâmico, Tijolo Cerâmico Maciço e Tijolo De Solo-Cimento.** 2016. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Centro Universitário UNIVATES, [S. l.], 2016.

DA SILVA, Diogo Hilário; SILVA, Jessica Ferreira tiburcio; ALMEIDA, Suelane; LIMA, Sandovânio Ferreira de. **Tijolos, normas técnicas e aplicação em alvenaria.** Periodicos.set.edu.br, [s. l.], v. 4, ed. 2, p. 207-216, novembro 2017. Disponível em: [https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/viewFile/5214/2569#:~:text=Tem%20uma%20resist%C3%A3ancia%20que%20varia,7x9%2C0x19%2C0%20cm.&text=Fabricado%20segundo%20as%20normas%20vigentes,%C3%A0%20compress%C3%A3o%20que%20tijolo%20comum](https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/viewFile/5214/2569#:~:text=Tem%20uma%20resist%C3%A3ncia%20que%20varia,7x9%2C0x19%2C0%20cm.&text=Fabricado%20segundo%20as%20normas%20vigentes,%C3%A0%20compress%C3%A3o%20que%20tijolo%20comum). Acesso em: 1 abr. 2021.

RIPER, E. **Manual prático de materiais de construção.** São Paulo: Editora Pini, 1995. 252 f.

SANDES, Valmara de Souza. **Estudo sobre a qualidade dos blocos de concreto em fábricas de Feira de Santana.** 2008. 61 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil–Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.)

SAMOHYL, Robert Wayne. **Controle Estatístico de Qualidade.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. 275p.

SILVA, Reginaldo Carneiro; GONÇALVES, Márcio de Oliveira; ALVARENGA, Rita de Cássia S. S. **Alvenaria Racionalizada.** 2006. Disponível em: Acesso em: 25 mai. 2018.

SPOSTOA, Rosa M^a; MORAISB, Dirceu M. de; PEREIRAA, Cláudio Henrique F. **A Qualidade do Processo de Produção de Blocos Cerâmicos Fornecidos para o Distrito Federal.** Brasília - DF, 2007. Disponível em:<https://ceramicaindustrial.org.br/article/5876572f7f8c9d6e028b4716/pdf/ci-12-3-5876572f7f8c9d6e028b4716.pdf>. Acesso em: 10 out 2021

THOMAZ, E.; **Código de Práticas Nº01: ALVENARIA DE VEDAÇÃO EM BLOCOS CERÂMICOS.** São Paulo: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2009

VÁSQUEZ, GILBERTO A. GORRICHÁTEGUI. **Avaliação da Conformidade dos blocos cerâmicos produzidos em algumas cerâmicas no Rio Grande do Norte.** 2005. Dissertação (Mestrado em Eng. Mecânica) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE, [S. l.], 2005.

VÁSQUEZ, G. A. G. **Avaliação da conformidade dos blocos cerâmicos produzidos em algumas cerâmicas no Rio Grande do Norte.** 2005. 92 fls. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2005. Disponível em: Acesso em: 20 sets 2021

VIAPIANA, Rafael. **Análise Da Resistência De Prismas De Blocos Cerâmicos e De Blocos De Concreto Com Função Estrutural.** Orientador: Marcelo Adriano Duart. 2009. 71 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Regional do noroeste do estado do rio grande do sul, [S. l.], 2009. Disponível em: <http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/2010/03/TCC-Rafael-Viapiana.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2021.

CAPÍTULO 21

BLOCO DE SOLO CIMENTO COM ADIÇÃO DE RESÍDUO DE GRANITO

BLOCK OF SOIL-CEMENT WITH THE ADDITION OF GRANITE WASTE

Lívia Cândida do Carmo Henriques¹
Ítalo Roque de Aguiar²
Marlyson Silveira Borges³

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.21

¹ Lívia Cândida do Carmo Henriques, E-mail: livia.4594@gmail.com
² Ítalo Roque de Aguiar, E-mail: aguilar.roque@gmail.com
³ Marlyson Silveira Borges, E-mail: Silveira-Borges@hotmail.com

RESUMO

O presente estudo busca analisar as características de blocos de solo cimento com a incorporação dos rejeitos provenientes de marmorarias substituindo parcialmente o cimento Portland para a produção de tais objetos. O acondicionamento final dos resíduos de corte de granito em marmoraria no Brasil, geralmente é feito de forma incorreta. Assim, práticas educativas voltadas para o descarte adequado deste material devem ser estudadas para oferecer propostas que possibilitem mudanças, na sociedade e nas empresas geradoras dos resíduos de marmoraria. Para tanto, foi utilizado como matérias-primas, o RCG (Resíduo de Corte de Granito) de marmoraria, cimento, solo e água para desenvolver esse estudo de caso, baseado nas normas brasileiras - NBRs como fonte de orientação. Foram confeccionados corpos de prova para realizar análises laboratoriais como o ensaio de resistência à compressão. Investigou-se a viabilidade técnica para fabricação de blocos com substituição parcial de 5%, 10% e 15% do cimento Portland por resíduos de granito. Os resultados obtidos demonstraram em não ser viável a aplicação, tendo a necessidade de um estudo mais detalhado em relação ao traço utilizado no bloco, pois apresentaram uma significativa alteração na resistência mecânica com a substituição do cimento pelos resíduos de granito na proporção de 5%, 10% e 15%.

Palavras-chave: Bloco. Solo-cimento. Granito.

ABSTRACT

This study seeks to analyze the characteristics of soil-cement blocks with the incorporation of tailings from marble quarries partially replacing Portland cement for the production of such objects. The final packaging of granite cutting waste in marble workshops in Brazil is usually done incorrectly. Thus, educational practices for the proper disposal of this material should be studied to offer proposals that enable changes in society and in companies that generate waste marble. To this end, we used as raw materials, the GSC (Granite Cutting Waste) from marble workshops, cement, soil and water to develop this case study, based on Brazilian standards - NBRs as a source of guidance. Bodies of proof were made to perform laboratory analysis such as the compressive strength test. The technical feasibility for the manufacture of blocks with partial replacement of 5%, 10% and 15% of Portland cement by granite waste was investigated. The results obtained showed that the application is not feasible, with the need for a more detailed study regarding the mix used in the block, because they showed a significant change in mechanical strength with the replacement of cement by granite waste in the proportion of 5%, 10% and 15%.

Keywords: Block. Soil-cement. Granite.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente os resíduos sólidos gerados pela construção civil é um tema que vem ganhado grande destaque no Brasil e no mundo, sobretudo no campo acadêmico, pois muitas pesquisas nesse setor estão voltadas para a reutilização desses materiais, visando a redução do impacto ambiental. A indústria da construção civil é uma das responsáveis pelo crescimento econômico e social dos países devido a elevada movimentação de emprego e renda, mas é lembrada pelo alto indicie de geração de resíduos produzidos conforme as etapas de serviço da construtora, onde são responsáveis por diversos impactos ambientais graves, seja pelo consumo de recursos naturais, esgotando fonte de matérias não renováveis, emissão elevada de dióxido de carbono, modificação da paisagem ou pela geração de resíduos (MORELLES et al., 2011).

De acordo com a resolução do CONAMA N° 307/2002 os resíduos de construção civil representam um significativo percentual dos resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas, sendo provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, entre outros.

Os blocos de solo cimento é uma alternativa sustentável e ecologicamente correta, segundo (GASPAR MARIA,2020) a grande vantagem do seu processo de produção está relacionada com a não queima, o que elimina o uso de combustíveis e a emissão de gases do efeito estufa durante a produção. Estima-se que para a queima da lenha necessária para a fabricação de mil tijolos convencionais são necessárias 5 árvores. Somando a isso muitos estudos tem sido realizados para agregar o bloco solo cimento utilizando resíduos de construção civil para agregar a resistência do material e dando um destino aquedado aos entulhos gerados na construção.

A implementação do PGRC (Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil) nas indústrias de construção civil transforma os entulhos descartados para a produção de materiais comumente usados em etapas de serviço, como a fabricação do bloco de solo cimento, haja vista que os materiais reaproveitados podem agregar valores de resistência e menores custos com a confecção do bloco. Nas empresas de confecção de pedras ornamentais, como o granito e o mármore, muitos são os entulhos gerados pela confecção e grande parte desse setor industrial não despeja de forma correta os resíduos gerados.

O bloco de solo cimento é aquele material constituído da mistura de solo, água e cimento. Segundo Cunha (2007) a produção deste material é de baixo custo, fácil fabricação e reduz os danos ao meio ambiente, principalmente na fabricação, já que não se utiliza a queima no processo de confecção. Segundo Santiago et al. (2012), a utilização de resíduos de granito para a confecção de blocos pode acarretar na redução dos danos ao ambiente, pela redução dos volumes descartados na natureza e a exploração dos recursos naturais. Durante a fabricação das chapas de granito cerca de 25% a 30% do bloco são transformados em pó, depositados nos pátios das empresas, onde muitas vezes estes rejeitos não são descartados de forma correta.

Neste seguimento, o presente trabalho busca analisar as características físicas do granito para a adição aos componentes do bloco de solo cimento, afim de potencializar as propriedades do bloco, como o aumento da resistência a compressão simples.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A indústria da construção civil representa uma significativa parcela no PIB brasileiro, englobando inúmeros setores ligados a mesma. Entretanto, como destaca Sacho et al., (2015) a grande quantidade de resíduos gerados pelas atividades da construção civil diariamente vem se tornando uma preocupação crescente em todo o mundo, em função das consequências e impactos de ordem ambiental, econômica e social. Pereira (2008) relata ainda que indústria da construção civil é responsável pelo consumo de uma grande parcela dos recursos naturais; cerca de 60 mil ton/ano de cerâmica, 40 mil ton/ano de cimento e 200 mil ton/ano de produtos a base de cimento.

Através disso, o avanço ecológico no setor da construção civil tem se tornado mais frequente, visando um melhor reaproveitamento de materiais antes descartados e na maioria das vezes de forma incorreta. De acordo com Sousa (2006) os tijolos de solo-cimento, obtidos a partir da mistura de solo, cimento Portland e água, ganham destaque entre os materiais de construção alternativa. Alguns estudos relatam os benefícios de se incorporar os resíduos de construção civil ao tijolo de solo-cimento, acrescentando características de maior desempenho tecnológico, além de apresentar benefícios ao meio ambiente. Dentre os resíduos estudados, os rejeitos de granito destacam-se pelas suas propriedades e pela grande quantidade presente no Brasil.

2.1 Rocha de Granito Ornamental

As rochas ornamentais segundo Argonz (2007) apresentam grande importância econômica e largo campo de aplicação, mais especialmente no setor construtivo como revestimento de paredes e pisos. Gonçalves (2000) relata a Itália como o maior produtor de rochas ornamentais, seguida pela China e Espanha, e o Brasil, na quinta posição, com a extração de mais de 450 tipos de rocha de vários padrões e tonalidades. As rochas ornamentais são compostas pelo granito, mármore, quartzito, arenitos, e entre outros, onde o granito apresenta mais resistência dentre as outras rochas.

Segundo Llope (2011) o granito é considerado rocha ígnea, excessivamente rígida, com composição mineralógica associada a diferentes aglutinações, sendo composta de coloração geralmente rosada para grafite ou preto. Abreu, Ruiz, Caruso (1990) definem esta rocha ornamental constituída de quartzo, feldspato, mica e os anfibólios, e apresentam dureza 7 na escala de mohs.

O granito e o mármore são utilizados desde os anos 2.500 a.C quando os egípcios sendo os primeiros a extraírem estas rochas e utilizá-las em monumentos e nos túmulos dos faraós. No Brasil encontra-se a maior parte das reservas mundiais de granito, onde as principais estão localizadas no Espírito Santo, Minas Gerais, e no Nordeste principalmente na Bahia e no Ceará. Apesar do setor de beneficiamento apresentar significáveis incrementos sociais e econômicos no país, não se deve desconsiderar os riscos ambientais provenientes dessa atividade. Segundo Prezotti et al. (2004) as expressivas quantidades de resíduos, são despejadas em sua maior parte, de forma inadequada levando a contaminação dos corpos hídricos e do solo, poluição atmosférica, desfiguração da paisagem e prejuízos à saúde.

2.1.1 Beneficiamento do Granito e o Meio Ambiente

Na maioria das indústrias brasileiras o processo de beneficiamento de granito e demais rochas ornamentais obedece basicamente às fases seguintes: extração, desdobramento, polimento e acabamento (PEITER et al., 2001).

Antes da etapa de extração é feita a escolha da jazida que apresenta rochas com qualidades para melhor garantir o valor comercial. Segundo Peyneau & Pereira (2004) os blocos rochosos possuem dimensões médias em torno de 190 x 180 x 300 mm e pesam cerca de 30 ton, apresentando dimensões com variações a fim de obter-se melhor utilização do material durante a extração e facilitando o transporte

até as serrarias. Durante a extração é gerado o resíduo de lavra, constituído de pedaços de rocha não aproveitados e rochas fissuradas.

Nas serrarias ocorre a transformação dos blocos em chapas com espessuras padrão de 10, 20 ou 30 mm, através da utilização de máquinas apropriadas chamadas teares (PEYNEAU & PEREIRA, 2004). Lima (2010) define as fases do processo de produção de rochas, como a extração, desdobramento, polimento e acabamento. Nas serrarias ocorre a transformação dos blocos em chapas. Durante o processo de serragem dos blocos o corte é realizado com teares devido associar fatores como: maior flexibilidade, elevada produtividade, custos relativamente reduzidos, além de uma boa relação custo/benefício do investimento inicial. Nesse processo, é gerada uma lama em forma de polpa abrasiva composta basicamente de água, granalha (usada como abrasivo que facilita a serragem), cal (utilizada para lubrificar e esfriar as lâminas de serragem, além de limpar os canais entre as chapas) e rocha moída. Esta lama embora seja atóxica, provoca impactos ao meio ambiente, dentre os quais se destacam: alteração das condições de drenagem do solo, poluição do ar, poluição visual, modificação e destruição da paisagem natural e danos à saúde humana, quando seca, a lama forma um pó que, se inalada, pode causar silicose.

A última fase é a de corte e polimento que transforma a chapa de granito em mosaicos. Nesta etapa é feita a uniformização da superfície, polimento, lustração, corte e acabamento de maneira a se adequar com as especificações que o produto final requer. É nesta etapa que é gerado um resíduo em pequena quantidade, o chamado aparas. Depois do acabamento, a rocha está pronta para comercialização.

A disposição dos resíduos industriais provenientes das empresas mineradoras é um dos desafios em relação ao meio ambiente. Algumas pesquisas sobre reciclagem de resíduos estão cada vez mais sendo estudadas em todo mundo, onde o objetivo principal é o desenvolvimento sustentável, com a redução do descarte e realizar a disposição correta dos resíduos, como o aproveitamento em insumo de novos produtos, buscando a conservação de matérias-primas não renováveis, redução do consumo de energia, menores emissões de poluentes, redução de custos, melhoria da saúde e segurança da população (CAMPOS, 2007). O reaproveitamento dos resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais, como o granito, durante o processo de fabricação do bloco de solo-cimento tem se mostrado uma alternativa ao desperdício desse material e ao mesmo tempo à sustentabilidade do setor construtivo.

2.1.1.1 Bloco de Solo – Cimento

O solo-cimento é um material compactado e curado de solo, cimento e água, resultando em uma mistura homogênea. A composição resultante é um material com significativa resistência à compressão, bom índice de impermeabilidade, baixo índice de retração volumétrica e boa durabilidade. O solo é o componente mais utilizado para a obtenção do solo-cimento, e o cimento cerca de 5% a 10% do peso do solo, o suficiente para estabilizá-lo e conferir as propriedades de resistência desejadas para o composto, sendo as proporções de dosagem e execução definidas através da ABNT NBR 12253/92.

O bloco de solo cimento consiste em utilizar em sua mistura de cimento, solo e água no traço de 1:10, onde a água é acrescentada aos poucos mistura atingir a consistência ideal. Devido não utilizar queima na sua fabricação e o manuseio de pouca água em sua cura, o impacto ao meio ambiente é reduzido, e sua fabricação se torna possível em qualquer lugar que possua o maquinário adequado, inclusive no próprio canteiro. (CUNHA, 2007). A escolha do traço adequado deve apresentar o menor consumo de cimento, atendendo aos critérios de a compressão e absorção conforme demonstrado na tabela 1.

Tabela 1- Limites especificados para controle de qualidade do bloco de solo-cimento

Característica	Bloco de solo-cimento NBR10836/2013
Resistência a compressão simples (28 dias)	$\geq 2,0$ MPa
Resistência a compressão simples (7 dias)	-

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013)

Após o processo de seleção e mistura dos materiais aplicados no bloco, a massa é encaminhada para a compactação, em prensa manual ou hidráulica, para os blocos, ou em formas, como no caso de parede monolíticas. Durante a fase de seleção, preparo e estabilização de solo, os cuidados com a misturas de solo-cimento necessita de uma atenção, pois é neta etapas que o processo de produção pode significar na qualidade da fabricação dos blocos. No procedimento de compacta-

ção do solo-cimento é a fase responsável por atribuir características quanto à resistência, permeabilidade, compressibilidade, absorção d'água e, principalmente, estabilidade. Segundo Castro (2008) cada solo apresenta uma curva própria de peso específico aparente seco versus teor de umidade para uma determinada energia de compactação. Os solos possuem uma umidade ótima, sendo que para cada um existem valores de densidade e resistência máximas. Feito o processo de prensagem, os tijolos são encaminhados para etapa de cura durando em média 28 dias.

2.1.1.1.1 Incorporação dos Resíduos de Granito ao Bloco de solo-cimento

A utilização de resíduos provenientes da serragem de granito pode ser definida em três tipos: resíduo de lavra, resíduo de corte, ou lama, e aparas. A lama do granito após o processo de secagem torna-se um resíduo sólido não biodegradável com a classificação de resíduo classe III – inerte.

Moura et al. (2002) classifica a utilização de resíduo de corte do mármore e granito na construção civil para a redução do impacto ambiental provocado pelo elevado consumo de agregados naturais. Concluiu, que a incorporação dos resíduos de mármore e granito em relação a resistência a compressão, observou-se um desempenho melhor nas argamassas, em comparação com as argamassas de referência.

Mota et al. (2010) avaliou o potencial do uso de resíduos de granito na produção de tijolos de solo cimento, estabelecendo o traço 1:9, subdividindo-o em 4 traços: 1:7:2, 1:6:3, 1:5:4 e 1:4,5:4,5 (Cimento, solo e resíduo), cujo o traço 1:6:3, no que se refere ao ponto de vista econômico, obteve o melhor resultado para o fator água/cimento 0,72, pois foi incorporado menor quantidade de água e manteve seu nível de absorção de água abaixo de 20%.

Miranda (2007) avaliou a disposição da técnica para a aplicação de resíduo de beneficiamento de mármore e granito em tijolos de solo cimento, com a finalidade de melhorar o desempenho do material, incorporando 5 %, 10 % e 15% de cimento e 0 %, 10 %, 15 % e 30 % de resíduo. A conclusão com adição do resíduo proveniente de beneficiamento de mármore e granito, disponibilizou circunstâncias técnicas favoráveis para a produção de tijolos prensados de solo-cimento com qualidade e redução no consumo de cimento.

Portanto, a adição de resíduo de granito incorpora novas características atribuídas ao material, sendo indispensável o estudo para consolidar sua aplicação e utilização no mercado, sendo avaliado a resistência à compressão como forma de determinação da qualidade do bloco.

3 METODOLOGIA

No presente estudo de caso a discussão sobre a utilização de resíduos provenientes do corte de granito em aplicação como aditivo ou substituto em blocos de solo cimento, é aplicado através trabalhos já realizados, como embasamento em pesquisas bibliográficas disponíveis em plataformas digitais, tendo como referência as fontes de pesquisa em artigos científicos, arquivos virtuais e nas normas técnicas que possibilitaram maior entendimento e esclarecimento do assunto abordado para a aplicação na produção dos blocos.

3.1 Materiais e Equipamentos Utilizados

3.1.1 Material

Para os procedimentos experimentais utilizou-se na composição dos blocos água, cimento Portland (CP II E-32), resíduo de granito e solo.

O resíduo de granito foi obtido em uma marmoraria localizada no município de Santarém, Pará. A marmoraria trabalha com os processos de 24 beneficiamento a úmido, assim o resíduo utilizado é formado por uma lama a partir da serragem do granito, onde é seca para a utilização nos blocos, como demonstra na figura 1.

Figura 1 - Resíduo de granito.



Fonte: Arquivo pessoal (2021).

Utilizou-se também o solo (classificado arenoso, após o ensaio) retirado em um terreno particular, no município de Santarém. Este solo primeiramente passou pelo processo de destorramento e peneiramento (Figura 2), para depois ser usado na confecção dos blocos.

Figura 2 - Processo de peneiramento do solo.



Fonte: Arquivo pessoal (2021).

3.1.1.1 Equipamentos

Os equipamentos utilizados para a realização do experimento foram: Betoneira; Balança Marte capacidade $4200\text{g} \pm 0,01\text{g}$; Balança Toledo capacidade $15\text{ kg} \pm 5\text{g}$; Estufa elétrica; Paquímetro digital; Peneira n° 200 (#200) ($0,075\text{ mm}$); Prensa manual mecânica EMIC (300 KN).

3.1.1.1.1 Preparação dos Blocos de Solo - Cimento

O conhecimento do tipo de solo é de extrema importância para a definição do traço a ser utilizado nos blocos de solo cimento. De início, feito a coleta da amostra de solo, após o material passar pela secagem, pesou-se cerca de 100g de solo, em seguida sendo peneirado em uma peneira N°200 ($0,075\text{ mm}$) e lavado, para a eliminação das partículas finas (Figura 3). O material retido na peneira N°200 foi levado à estufa elétrica para secar a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24h.

Figura 3 - Lavagem e peneiramento da amostra de solo.



Fonte: Arquivo pessoal (2021).

Após a determinação da amostra de solo, determinou-se a escolha do traço, onde foram realizados quatro tipos, o primeiro sem adição e os demais com a adição

de 5%, 10% e 15% de resíduos de granito. Seguindo a escolha do traço, inicia-se o processo de mistura e moldagem dos blocos. Primeiro, mistura-se em uma betoneira até a homogeneização do cimento e o resíduo ao solo (destorrado e peneirado), conforme demonstrado na figura 4. A água foi adicionada aos poucos até a obtenção da umidade ideal da mistura para o trabalho. Para a moldagem da mistura, foi colocada em prensa manual mecânica, afim de realizar molde e prensagem. Em seguida, os blocos foram retirados da prensa e colocados numa superfície plana para aguardar o tempo de cura (28 dias), onde durante os sete primeiros dias foram mantidos úmidos para garantir a cura necessária.

Figura 4 - Homogeneização do traço.



Fonte: Arquivo Pessoal (2021).

3.1.1.1.1 Ensaio à Compressão Simples

Para a execução do ensaio, foram separadas de cada amostra, deixadas em tempo de cura, dois corpos de prova. A primeira amostra foi moldada sem adição de resíduo, seguindo as demais três amostras com 5%, 10% e 15% de adição do resíduo de granito. Em seguida, os blocos foram rompidos em uma máquina de compressão (Figura 5), com capacidade máxima de 200KN, onde a carga foi aplicada gradativamente até a ruptura do bloco.

Figura 5 - Corpo de prova posicionado para o rompimento



Fonte: Arquivo Pessoal (2021).

A determinação da resistência à compressão simples dos tijolos foi obtida através da divisão da carga máxima, em newtons (N), observada durante o ensaio, pela área de face do trabalho, em milímetros ao quadrado (mm²), conforme demonstrado na expressão 1:

$$ft = \frac{F}{S}$$

Onde:

ft- Resistência à compressão simples, em MPa;

F- Carga de ruptura do corpo de prova, em N;

S - Área de aplicação da carga, em mm².

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise Dimensional

Os valores correspondentes à análise dimensional de cada traço dos blocos, um sem adição e três com 5%, 10%, 15% de adição do granito, sendo apresentados na Tabela 2. Os blocos foram produzidos atendendo as dimensões de 19 cm de altura, 39 cm de comprimento e 14 cm de largura.

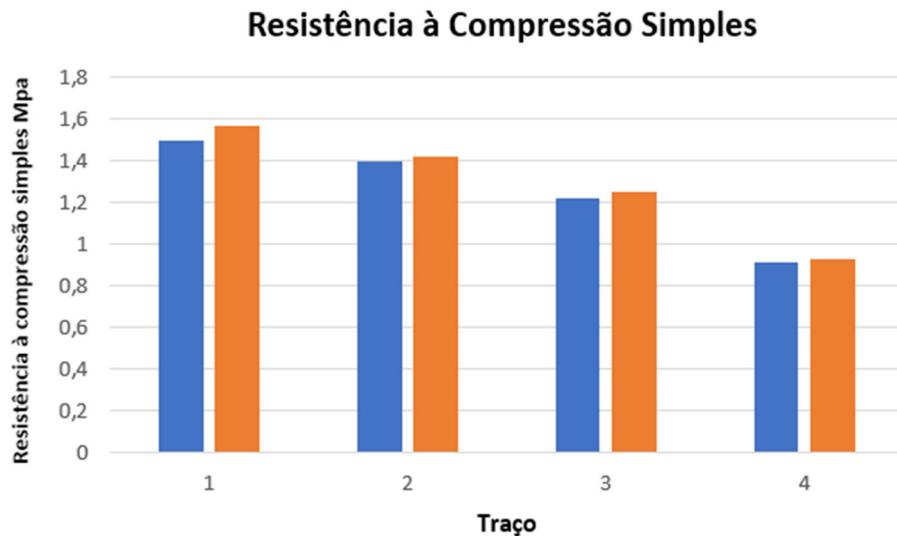
Tabela 2 - Dimensões dos blocos de solo-cimento

Traço	Dimensões		
	Altura (cm)	Comprimento (cm)	Largura (cm)
Sem adição	19	39	14
5% de adição	19	39	14
10% de adição	19	39	14
15% de adição	19	39	14

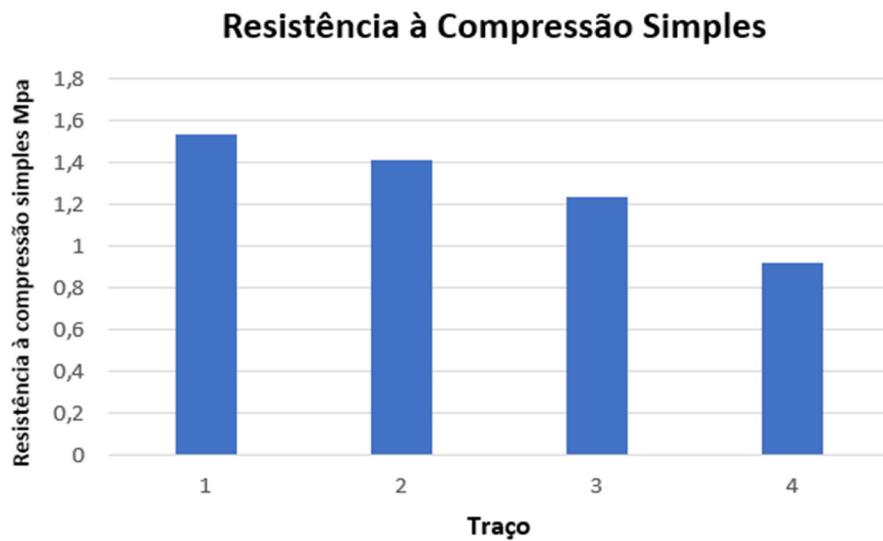
Fonte: Autor (2021)

4.1.1 Resistência à Compressão

Os resultados dos traços dos blocos de solo-cimento foram determinados através do ensaio de resistência à compressão simples, após os 28 dias de cura, definidos individualmente como apresentado na figura 6 e os valores médios na figura 7.

Figura 6 - Valores individuais da resistência à compressão simples aos 28 dias de cura.

Fonte: Autor (2021).

Figura 7 - Valores médios da resistência à compressão simples aos 28 dias de cura.

Fonte: Autor (2021).

A Norma ABNT 8491 (2012), determina que a amostra aos 28 dias de cura deve apresentar um valor médio igual ou superior a 2,0 Mpa, e para os valores individuais da resistência as amostras não podem ser inferiores a 1,7 Mpa.

Após analisar a resistência em função do tempo de cura dos blocos de solo-cimento, observou-se uma determinada redução referente a resistência na medida que aumentava a quantidade do resíduo de granito, assim determina-se que os valores coletados não atingem os valores mínimos determinados pela norma. Fazendo uma análise comparativa o traço 2 apresenta a resistência maior em relação ao 3 que possuí na composição uma quantidade de resíduo superior, com a adição de 10% de

granito. Entretanto, nenhum dos blocos obtidos atingiram o valor mínimo previsto na norma. Dessa forma, os dados comprovam que quanto menor a quantidade de resíduo, maior será a resistência à compressão simples.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos com auxílio da avaliação da resistência à compressão simples, ocorreu uma perda significativa da resistência mecânica na medida em que se aumentava a dosagem de granito no traço. Durante a preparação dos traços com o resíduo de granito, ocorreu a necessidade de adicionar um volume maior de água do que foi estipulado, na medida em que se aumentava a quantidade de resíduo, o que contribuí para a diminuição da resistência mecânica, deixando traço um pouco mais fraco em relação à dosagem sem adição de granito.

O traço dos blocos de solo-cimento desenvolvidos neste trabalho apresentou resultados não satisfatórios, sendo inviável a adição do resíduo de granito ao bloco. Entretanto, é requerido uma análise mais detalhada e relação ao traço, podendo adicionar um aditivo que possa conferir resistência mecânica mínima exigida por norma. Dessa forma, ocorre a redução da disposição do resíduo de granito ao no meio ambiente, reduzindo os impactos provocados pelo mesmo, sendo que os rejeitos podem acarretar na impermeabilização do solo por apresentarem partículas muito finas.

REFERÊNCIAS

ABCP. Dosagem das misturas de solo-cimento - normas de dosagem e métodos de ensaios. 3 ed. São Paulo: ABCP, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Bloco de solo-cimento sem função estrutural - Análise dimensional, determinação da resistência à compressão e da absorção de água - Método de ensaio. NBR 10836/2013.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Solo-Cimento - Dosagem para emprego como camada de pavimento - Procedimento. NBR 12253/2012.

ABREU, U.A., RUIZ, M.S., CARUSO, L.G Perfil 7- **Rochas dimensionadas e aparelhadas**. In: RUIZ, M.S., NEVES, M.R (Coord.). Mercado produtor mineral do estado de São Paulo. São Paulo: I.P.T., 1990. p.137 – 151.

ARGONZ, R., et al. Caracterização de Resíduos de Granito Rain Forest proveniente da serra da Meruoca (CE) visando seu aproveitamento como matéria prima cerâmica. In: 51º Congresso Brasileiro de Cerâmica. Salvador-BA, 2007.

BEZERRA, Francisco Diniz. **Rochas Ornamentais: Novas Perspectivas de Investimento**. Caderno Setorial Etene, dez. 2017. Disponível em: < <https://www.bnb.gov>.

br/documents/80223/2809571/21_rochas_12-2017%28V4%29.pdf/c33b4967-7c-88-d155-0b44-6052618f1301>. Acesso em: 05 jun. 2021.

CAMPOS, I. M. **Solo-cimento, solução para economia e sustentabilidade.** Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=23>, 2007 > acesso em mai. de 2021.

CASTRO, S. F. **Incorporação de resíduo de caulin para uso em solo-cimento em construções civis.** Dissertação (mestrado). Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande - PB. 2008.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Presidente: Jose Carlos Carvalho. Brasília, 2002.

CRUZ, A. C. F Da. **Caracterização do resíduo de corte de mármore e granito de marmoraria e análise da viabilidade de substituição parcial do cimento Portland para produção de pavers.** Dissertação (mestrado). Fundação Oswaldo Aranha. Centro Universitário de Volta Redonda. Volta Redonda - RJ. 2019.

CUNHA, A. de F. **Construções sustentáveis na engenharia civil.** Trabalho de Conclusão de Curso. São Paulo, 2007. 89p.

GONÇALVES, J.P, **Utilização do resíduo de corte de granito (RCG) como adição para produção de concretos.** Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2000.

GRANDE, F. M., **Fabricação de Tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem a adição de sílica ativa.** Dissertação (mestrado). Eesc – Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos-SP, 2003.

LIMA, R. C. O. **Estudo da durabilidade de paredes monolíticas e tijolos de solo-cimento incorporados com resíduo de granito.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2010. 107p.

LLOPE, W.J. **Activity concentrations and dose rates from decorative granite countertops. J. Environ. Radioact.** v.102, Ed. 6, 620–629 p. junho de 2011.

MARQUES NETO, J. C. **Diagnóstico para estudo de Gestão dos Resíduos de Construção do Município de São Carlos-SP.** 2003. 155p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

MOTA, J. D. OLIVEIRA, D. SOUSA, A. LARANJEIRA, E.; MONTEIRO, M. **Utilização do resíduo proveniente do desdobramento de rochas ornamentais na confecção de tijolos ecológicos de solo-cimento.** 2o Seminário da Região Nordeste sobre Resíduos Sólidos. Anais..., 2003.

MOURA, W. A., GONÇALVES, P. J., LEITE, R. S. **Utilização do resíduo de corte de mármore e granito em argamassas de revestimento e confecção de lajotas para piso.** Feira de Santana, 2002.

PEITER, et, al. **Rochas ornamentais no século XXI: bases para uma política de desenvolvimento sustentado das exportações brasileiras.** Rio de Janeiro: CETEM, 2001.

PEREIRA, E. A., **Diagnóstico dos problemas de gestão de obras habitacionais de interesse social em empresas privadas.** Monografia de Conclusão de curso. Universidade Federal de Minas Gerais. Departamento de Engenharia de Materiais e Construção. Belo Horizonte – MG. 2008.

PEYNEAU, G. O. R., PEREIRA, G. S., **Tratamento dos resíduos provenientes das serragens de granito através da implantação do filtro-prensa.** In: XXIV ENEGEP Florianópolis, SC, 2004.

PONTES, I. F.; STELLIN JR., A. **Aproveitamento de resíduos de serrarias na indústria de construção civil.** Rio de Janeiro: VII Jornadas Argentinas de Ingenieria de Minas. Anais Volume 2, 2005.

PREZOTTI, J.C.S. et al. **Concepção de um sistema de gerenciamento de resíduos de beneficiamento de rochas ornamentais.** In: I Congresso Internacional de Rochas Ornamentais. Guarapari, ES. 2004.

SACHO, S. D.; PFEIFFER, S. C. Diagnóstico da Destinação Dos Resíduos Sólidos Classe A da Construção Civil em Goiânia/Go.. **Anais...** In VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Porto Alegre, 2015.

SACRAMENTO, J. S. **Confecção de tijolos ecológicos utilizando resíduo de marmoraria.** Monografia de Conclusão de curso. Universidade Federal Recôncavo da Bahia. CETEC – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Cruz das Almas – Ba. 2016.

SANTIAGO, O. N.; OLIVEIRA, F. D.; SOUZA, A. A. **Estudo do fator água/cimento para a confecção de Tijolos Ecológicos de Solo-cimento incorporados com resíduos gerados no beneficiamento de rochas ornamentais.** Paraíba: Encontro nacional de educação, ciência e tecnologia/UEPB, 2012.

SANTOS, A. F. R.; Baumgart, L. N.; Woiciokoski M.; Tabarelli Jr. O.; Jatzak S.; Nicollotti V. **Utilização de resíduos da construção civil em tijolos ecológicos.** Trabalho Interdisciplinar, Administração da Produção II. Associação do Vale do Itajaí Mirim, 2009.

SINDICATO DA INDUSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO DISTRITO FEDERAL – SINDUSCON-DF. **Projeto De Gerenciamento De Resíduos Sólidos Em Canteiros De Obras.** Brasília, 2006.

SOUZA, M. I. B. **Análise da adição de resíduos de concreto em tijolos prensados de solo-cimento.** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de São Paulo. Ilha Solteira. -SP, 2006.

CAPÍTULO 22

MÓDULO COMPARATIVO ENTRE ALVENARIA CONVENCIONAL E MONOLITE: REVISÃO DE LITERATURA

*COMPARATIVE MODULE BETWEEN
CONVENTIONAL MASONARY AND MONOLITE:
LITERATURE REVIEW*

Luciano Freitas dos Santos¹
Breno Müller Tenório de Azevedo²

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.22

¹ Universidade da Amazônia-UNAMA, lucianofreitastm555@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/5650695487177785>, <http://orcid.org/0000-0002-7523-9900>,
² Universidade da Amazônia-UNAMA, breno.muller96@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/2269785066889718>, <https://orcid.org/0000-0003-3005-271X>

RESUMO

Estudos tem levantando grandes questionamentos quanto aos comparativos entre as vantagens dos métodos construtivos de Alvenaria convencional e Monolite. A Alvenaria Convencional é uma técnica construtiva empregada a milênios para erguimento de pequenas a grandes obras, sendo utilizadas até os dias de hoje, mas ainda assim é um método que modificou com o passar do tempo, mesmo assim sua execução ainda exige algumas particularidades, que acabam por elevar os custos entorno de 20% a 40% a mais no orçamento (CAETANO; OLIVEIRA; GONZALEZ, 2017). Ainda assim, com o interrupto avanço do mercado, nos anos 40 surgiu um novo método construtivo nomeado de Monolite, apresentando benefícios quanto a sua infraestrutura, peso e resistência, além de expressar vantagens financeiras em sua execução (SILVA, 2018). Este trabalho objetiva descrever as características dos sistemas construtivos de alvenaria convencional e monolite, afim de destacar as vantagens e desvantagens de cada método de construção, permitindo a definição do sistema mais vantajoso. O estudo está pautado em uma revisão bibliográfica, utilizando os descritores como: construção civil, EPS, comparativo de modelos, sistema monolite e sistema de alvenaria convencional, onde foram realizadas pesquisas nos bancos de dados do Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Google Acadêmico, além de sites de periódicos online, realizadas de março a outubro de 2021. Desta forma, o estudo revela que quando comparado os métodos construtivos mencionados, o Monolite apresenta-se, de modo geral, ser mais benéfico e rentável, por apresentar vantagens estruturais e benefícios quanto ao preço, tempo e execução quando comparado a Alvenaria Convencional.

Palavras-chave: Alvenaria Convencional. Monolite. Construção civil. Comparação.

ABSTRACT

Studies have raised great questions regarding the comparatives between the advantages of the constructive methods of conventional masonry and monolite. Conventional Masonry is a constructive technique used for millennia to erect small to large works, being used until today, but it is still a method that has changed over time, even so its execution still requires some particularities, which they end up raising costs around 20% to 40% more in the budget (CAETANO; OLIVEIRA; GONZALEZ, 2017). Even so, with the continuous advance of the market, in the 40s a new construction method appeared, named Monolite, presenting benefits in terms of infrastructure, weight and resistance, in addition to expressing financial advantages in its execution (SILVA, 2018). This work aims to describe the characteristics of conventional and monolite masonry constructive systems, in order to highlight the

advantages and disadvantages of each construction method, allowing the definition of the most advantageous system. The study is based on a literature review, using descriptors such as: civil construction, EPS, comparative models, monolite system and conventional masonry system, where searches were carried out in the databases of Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Academic Google, in addition to online journal sites, carried out from March to October 2021. Thus, the study reveals that when compared to the construction methods mentioned, Monolite is, in general, more beneficial and profitable, as it presents structural and benefits in terms of price, time and execution when compared to conventional masonry.

Keywords: Conventional masonry. Monolite. Construction. Comparison.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil sempre existiu para atender as condições básicas e imediatas do ser humano, deste modo diversos métodos construtivos eram empregados na construção a fim de executar obras de inúmeros seguimentos, a princípio estes eram executados sem que houvesse preocupações quanto as técnicas e qualificações, no entanto, com o passar do tempo a constituição de cidades foi adquirindo um caráter mais sustentável e moderno, exigindo uma necessidade de implementar um conhecimento científico as obras asserem realizadas (CORRÊA, 2009).

Desejando essa busca por materiais mais adequados e modernos, o meio da construção civil, está sempre inovando o uso de instrumentais e insumos para facilitar as execuções a fim de otimizar tempo e os custos em uma obra. Tendo em vista os materiais utilizados para execução de obras tem-se a princípio o método conhecido como alvenaria convencional, este é utilizado a mais de seis milênios, sendo empregado desde construções simples as mais complexas, visto que a alvenaria é baseada na utilização de tijolos e de outros insumos, para fins estruturais e de vedação. (MCAA, 2016).

Com o passar do tempo a alvenaria convencional foi passando por mudanças significativas em relação ao quesito financeiro, por ser um método que se apresenta com custos consideráveis, o mesmo necessitou passar por melhorias, devido ao aumento da competitividade do mercado. Ainda assim, a alvenaria é o método construtivo mais empregado no Brasil. (LORDSLEEM JÚNIOR, 2004).

Buscando-se criar novos insumos, na década de 40, criou-se na Itália, um novo método construtivo denominado Poliestireno Expandido (EPS) ou Monolite, apresentando vantagens quanto ao custo e recursos necessários para sua utilização, uma

vez que este método exibe vantagens ao substituir alguns elementos necessários na construção de alvenaria convencional, que por sua vez acabam facilitando o manuseio e transporte deste material, por apresentar-se 50% mais leve (MAZUCO, 2018). Mesmo assim Bertoldi (2007) apud Mazuco (2018), completa ao dizer que o Monolite, agregou ao mercado de inúmeros países, como o Brasil, que iniciou sua comercialização por volta dos anos 90 e vem ganhando força até os dias de Hoje.

O mercado da construção civil é caracterizado por sua competitividade e exigências, as empresas ingressas neste meio devem sempre buscar se adequar ao avanço que este comércio vem enfrentando, entre estas mudanças o uso de material é um dos pontos mais questionados em uma obra, considerando que, caso o material não seja capaz de possibilitar vantagens, como o reaproveitamentos por exemplo, as perdas e prejuízos são maiores, mostrando a importância de matérias mais adequados e econômicos para utilização (BORGES, 2013).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Alvenaria Convencional

Conforme Thomaz et al (2009), a alvenaria convencional conceitua-se como sendo aquela destinada na divisão do espaço e o preenchimento de vãos de estruturas de concreto armado, aço ou outras estruturas, devendo suportar não só o próprio peso e cargas de utilização, mas também apresentar adequada resistência as cargas laterais estáticas e dinâmica.

De acordo com MCAA (2016), há mais de 6000 anos, cabanas eram construídas com tijolos de argila também conhecidos como adobe, cozidos ao Sol e com adição de palha e grama para evitar deformações e rachaduras. Historicamente, a alvenaria é empregada desde a antiguidade, destinando à sua utilização em simples construções de casas até grandes igrejas e aquedutos. Estudos indicam que o tijolo vem sendo considerado o produto manufaturado mais antigo do mundo, utilizado em diversas construções com função estrutural e de vedação.

A alvenaria passou por mudanças significativas ao longo do tempo, seja por sua composição ou em seu método construtivo. Devido à crescente competitividade do mercado de construção, o processo precisou se reinventar o que levou as empresas a buscarem a racionalização desse processo, estabelecendo padrões, reduzindo custos, desperdício de materiais e minimizando a necessidade de reparos após a entrega da obra (LORDSLEEM JÚNIOR, 2004).

No Brasil, a alvenaria convencional é o método mais presente na cultura, sendo assim, o sistema mais utilizado para a construção de casas e edifícios. Utilizando materiais simples, como cimento, blocos para vedação e aço, porém tem um gasto elevado com mão de obra e baixa produtividade (RAMALHO, 2003).

Se tratando dos aspectos econômicos, esse método ainda é um dos mais empregados até hoje, o que a torna uma das mais cobiçáveis no mercado, no entanto sua execução exige algumas particularidades, quanto aos equipamentos, ferramentas e mão de obra, visto que por ser um método tradicional, apresenta aumentos no custo em relação a execução já que necessitará de mão de obra hidráulica e elétrica, elevando os custos entorno de 20% a 40% a mais no valor da mão de obra, além de que, o método convencional, exige-se a maior utilização de materiais que complementem essa técnica. (CAETANO; OLIVEIRA; GONZALEZ, 2017).

De acordo com Nascimento (2007), o método da alvenaria convencional refere-se a um sistema construtivo milenar, tendo como principal desempenho o empilhamento simples dos componentes escolhidos com finalidade de cumprir o destino planejado.

Nesse processo, Bastos (2006) utiliza diferentes componentes e métodos de execução, basicamente tem-se o concreto utilizado na fundação, vigas e pilares e a vedação, que pode ser composta por tijolos, argamassa e revestimentos, considerada o método construtivo mais utilizado para a execução de obras residenciais e de edifícios no Brasil, feito com tijolos de barro maciço, através de pilares, lajes e vigas, é criado um “esqueleto” das paredes, separando ambientes e fachadas. As paredes são erguidas primeiro, e somente depois é que são quebradas para receberem a tubulação.

Os blocos cerâmicos mais comuns podem conter quatro, seis ou oito furos, que proporcionam paredes mais econômicas comparadas ao maciço, além de oferecer um menor tempo de execução, levando em conta o fato de serem maiores e mais leves. O consumo de blocos por metro quadrado de alvenaria é calculado pela forma de assentamento e também pelo tipo de bloco usado, da mesma maneira calcula-se o consumo da argamassa (ANDRADE, 2007).

O autor complementa, ao dizer que não existem restrições de medidas neste tipo de projeto, permitindo certa liberdade criativa. Porém, na execução do projeto, deve ser levado em consideração a posição e espessuras dos blocos. As fiadas vão sendo levantadas umas sobre as outras fazendo com que as juntas verticais não sejam continuas. Vale ressaltar a importância de a alvenaria ter o maior número pos-

sível de blocos inteiros, garantindo maior economia, eficiência e velocidade na execução, por esse motivo a necessidade de existir um estudo preliminar da disposição dos blocos. Sendo possível realizar alterações e cortes na alvenaria, ainda é muito comum o uso de um processo não racional, empregando técnicas inadequadas e antiquadas para a execução. Normalmente as alvenarias são assentadas e, posteriormente, são realizados os cortes para a passagem de instalações como elétrica e hidráulica. Em seguida, os remendos são realizados com argamassa para preencher os vazios gerados (ANDRADE, 2007).

Segundo Lordsleem Júnior (2004), incompatibilizações percebidas na obra são muito comuns na alvenaria tradicional. Esses problemas são resolvidos durante a construção geralmente por mão de obra não capacitada para tal tarefa gerando um maior desperdício de matérias. Assim, esse método tem como características elevados desperdícios, adoção de soluções construtivas durante a realização do serviço sem um planejamento prévio, ausência de fiscalização, deficiente padronização do processo de produção além de pecar em tempo de execução, prolongando o tempo, tornando-se mais demorado, consequentemente gerando maiores custo.

2.2 Monolite

De acordo com Oliveira (2013), o poliestireno expandido (EPS), foi descoberto na década de 40, na Itália, pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz, objetivando produzir uma estrutura que fosse capaz de resistir a terremotos, da região, e que se comporta como um bom isolante térmico. Ainda assim Bertoldi (2007) apud Mazuco (2018), diz que esta tecnologia ao passar do tempo foi sendo empregada em diversos países, chegando ao Brasil só na década de 90, quando o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de São Paulo analisou os componentes deste sistema e obtiveram resultados favoráveis, proporcionando a comercialização no país até os dias de hoje, contribuindo com uma nova tecnologia e soluções inovadoras no mercado da construção civil brasileira. Logo, ao se tratar de sua composição, é um hidrocarboneto composto de carbono hidrogênio e 98% de ar, que deriva do petróleo através da polimerização do estireno em água. Ele é um plástico celular rígido que dá origem a uma espuma termoplástica sendo incolor e transparente (ALVES, 2015).

O Poliestireno, componente do grupo das resinas termoplásticas, é um polímero artificial que tem sua viscosidade alterada de acordo com a temperatura, quando exposto a um dado nível de calor torna-se mais viscoso e, portanto, moldável. Dentre suas variações temos o PET (polietileno tereftalato), o PVC (cloreto de polivinila), o PP (polipropileno) e os polietilenos, que se dividem entre os que apresentam alta e baixa densidade e baixa densidade linear. Dentre esse grupo, destaca-se o PS (poliestireno) por suas características especiais que possibilitam inúmeras formas de aplicação, variando desde a fabricação de embalagens até

aplicações mais específicas, como a construção civil (ABRAPEX, 2013 apud PONCIO; SILVA, 2020).

Segundo Medeiros (2017), para que seja viável aplicar o EPS, sua matéria-prima sofre alterações físicas, dividido em três fases: pré-expansão, armazenamento e moldagem, porém sem alterar a sua composição química, essa alteração química, ocorre apenas quando adicionado produtos que visam melhorar suas propriedades deixando-o mais resistente. Vechiato (2017), ainda ressalta a facilidade de montagem desta estrutura, pois apresenta sua forma em bloco e por possuir encaixes laterais capazes de alternar saliência e reentrância, geram intertravamento dos blocos, desta forma não se utiliza argamassas para realizar a sua união. Não obstante a esta afirmativa, tem-se que:

Outro ponto de extrema relevância no requisito resistência das paredes, a resistência mecânica dos painéis é de altíssima e comprovada capacidade estrutural, formado as paredes do sistema em verdadeiro micro pilares ao decorrer das mesmas, composto por malhas de aço eletro soldadas fazer o papel de distribuir as cargas e aumentar sua resistência estrutural, trazendo confiabilidade ao sistema (MAZUCO, 2018, p.14).

De acordo com Silva (2018), o EPS apresenta inúmeras vantagens, no que diz respeito aos fatores físicos (condutividade térmica), estruturais (peso, resistência mecânica, facilidade de manuseio, versatilidade, resistência ao envelhecimento, absorção de choque e resistência à compressão). Ao apresentar estas características o EPS pode ser utilizado em diversos processos construtivos, principalmente lajes e painéis pré-fabricados, assim como em aterros em solos frágeis. Mazuco (2018) diz que o processo de montagem dos painéis tem um diferencial se comparado aos outros métodos, pois são pré-fabricados conforme a necessidade de cada projeto.

Tendo em vista suas vantagens, o caráter econômico é um dos que mais se destaca, dado que este método construtivo apresenta benefícios por substituir alguns elementos necessários na construção convencional, como estruturas de concreto armado, alvenarias, revestimentos argamassados e isolações horizontais e verticais, facilitando a execução e transporte, posto que este material se apresenta 50% mais leve. (MAZUCO, 2018).

Gonzaga (2018) ressalta que até pouco tempo atrás as paredes de EPS serviam apenas para construção de galpões, câmaras frigoríficas e pequenas obras, devido as suas características tão pouco exploradas, o mesmo ressalta que no Brasil, é possível encontrá-las em diversos modelos de casas, edifícios multipavimentos e até mansões de luxo. Sendo assim, a crescente demanda deste material se dá, não só pelas suas vantagens estruturais, mas por apresentar diferencial em relação a tempo e exceção, percebido que o armazenamento deste painel se torna hábil por ser

um material leve, o que gera maiores facilidades no transporte, descarregamento e montagem, podendo também ficar próximo de sua origem de instalação, proporcionando mais rapidez.

3 METODOLOGIA

O presente estudo trata-se de uma revisão de literatura, uma pesquisa respaldada em material pré-existente, como artigos, entre outros. Artigos de revisão de literatura são úteis por fornecer uma visão ampla e estruturada sobre uma determinada área de atuação. Foi realizada uma busca eletrônica por artigos científicos nos bancos de dados do Scientific Electronic Library Online (SCIELO), Google Acadêmico, além de sites de periódicos online. A pesquisa das literaturas foi realizada de março a maio de 2021.

Para uma busca mais completa nos bancos de dados supracitados, utilizou-se os descritores a seguir: construção civil, EPS, comparativo de modelos, sistema monolite, sistema de alvenaria convencional.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Baseado nos estudos e resultados levantados no trabalho e as informações baseadas em ambos os métodos, foi possível definir os benefícios e vantagens sobre cada elemento.

Como coloca MCAA (2016), o uso da alvenaria em construções tem se estendido a mais de 6.000 anos, considerado um material que se aperfeiçoou ao longo do tempo, a fim de sanar as necessidades da sociedade, considerado então como um método convencional de construção. Baseado neste avanço, a Alvenaria apresenta algumas vantagens quanto a sua proteção e segurança, visto que depende de um conjunto de aparatos para elaboração. Da mesma forma, Bastos (2006) apresenta o uso de blocos de concreto, como um agregador na alvenaria, pois apresenta vantagens na produtividade, por possuir vácuos, que garantem as instalações de tubulações hidráulicas e elétricas e por proporcionar mais liberdade nas criações.

Assim a alvenaria pode ser entendida como sendo uma união de peças colocadas justapostas, para formação de um elemento, servindo para elaboração e vedação de espaços, capazes de resistir à gravidade, assim como promover seguranças através da resistência a ação do fogo. Além do mais está forma de projeção, promove um isolamento acústico e conforto térmico (TAUIL,2010).

Nesse entremeio, quando se observa o histórico da construção civil e o uso da alvenaria nos dias de hoje, nota-se uma mudança significativa em inúmeros aspectos, entre eles está a inovação quanto ao uso de novos materiais e suas tecnologias, objetivando a produtividade e qualidade. Dentro deste contexto temos o uso do Poliestireno Expandido (EPS), também conhecido como sistema monolite, criado em 1949, a fim de suprir as carências estruturais e climáticas da época, apresentando vantagens como antissísmico, isolante acústico e térmico, e alta resistência ao impacto. Este material é formado por uma estrutura de argamassa e o painel monolite que é formado pelo conjunto de painéis de poliestireno expandido, telas de aço eletrosoldada e argamassa projetada, desta forma é comparado a um “sanduíche”, pois é composto por duas placas de um material resistente, que são intercaladas por outros matérias de baixa densidade e resistência inferior à das placas (PONCIANO e SILVA, 2020).

Ainda assim, mais autores discorrem sobre outras vantagens apresentadas pelo Monolite, como:

Apresenta baixa condutividade térmica, baixa absorção de água, baixo peso, resistência mecânica, facilidade de manuseio, versatilidade, resistência ao envelhecimento, absorção de choque e resistência à compressão. Tais características possibilitam o uso do material para preenchimento de rebaixos ou vazios necessários a vários processos construtivos, principalmente lajes e painéis pré-fabricados ou semi-industrializados e até mesmo a aplicação em obras de aterros em solos frágeis (Silva, 2018 apud Ponciano e Silva, 2020, p.08).

Tendo em vista os benefícios do EPS, o autor destaca que o baixo peso da estrutura do sistema monolítico, acaba gerando uma economia de custo de maquinário, mão de obra e no tempo, quando comparado ao de alvenaria, que necessita de mais elementos construtivos para suportar essas estruturas, o que consequentemente aumenta os custos. De maneira equivalente Vechiato (2017), afirma os dizeres apresentados, quando confirma o custo-prazo-qualidade do Monolite, visto que se obtém facilidade na montagem e no manuseio, segurança, conforto e durabilidade, deste sistema.

Desata forma quando analisado os benefícios sobre cada sistema, temos um indicativo de que o sistema monolite apresenta melhores vantagens quanto ao custo e o tempo em uma construção. No entanto ainda que seja um método que vem ganhando visibilidade no mercado, esta passa por um processo de aceitação, visto que ainda há um comodismo de se utilizar técnicas ainda convencionais, junto a baixa demanda de mão de obra, que acaba sendo um desincentivo para o consumo deste sistema.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no que foi desenvolvido neste estudo, foram identificadas vantagens e desvantagens entre a alvenaria convencional e o monolite/EPS, apresentando os aspectos que caracterizam cada uma.

Pesquisas apontam que o método construtivo monolite atende as exigências normativas de desempenho estrutural, apresentando em suas vantagens a rapidez ao realizar o fechamento de paredes de vedação, tendo em vista o tamanho e o peso dos painéis de poliestireno expandido em relação aos blocos cerâmicos. Além de apresentar vantagens quanto ao isolante termo acústico sendo flexível e viável em diversas situações, além de oferecer baixa absorção de água, o que intensifica a cura do concreto sendo melhor e mais rápida. Outros aspectos a serem levados em considerações, são as instalações (hidráulicas, elétricas, sanitárias, etc.), pois o EPS apresenta mais vantagem ao ser comparado com o método convencional, visto que este apresenta mais facilidade na execução, sendo mais rápida, vantajosa, limpa e sustentável em relação ao método convencional, trazendo benefícios como a otimização do uso de matérias e tempo de conclusão da obra, o que acaba por diminuir a quantidade de mão de obra.

Julgado o que foi dito, observa-se, que as construções no método monolite trazem consigo a simplicidade e o fácil entendimento, além de reduzir e agilizar diversas etapas presentes na execução de um projeto. Desta forma o presente estudo constatou ser mais vantajoso, de modo geral, a realização do método monolite, havendo uma grande diferença de preço e tempo de execução em relação ao método convencional. Contudo, vale ressaltar a necessidade de um estudo prévio levando em conta a área construída, o tipo solo, as cargas aplicadas e a quantidade de pavimentos, chegando, assim, nas vantagens e desvantagens específicas de cada projeto.

Sugere-se para futuros estudos, abordagens que destaque a viabilidade econômica para casas construídas em regiões de calor intenso, como no caso do extremo norte e nordeste do país, tendo em vista que na utilização do método monolite existe um ganho em conforto térmico em relação às residências executadas em alvenaria convencional, trazendo consigo, em tais condições climáticas, uma economia financeira em sistema de resfriamento além de reduzir o desconforto gerado pelo calor intenso presente na região.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. P. O. **SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAINÉIS DE EPS.** 2015. 73 f. Artigo (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Católica de Brasília, Brasília 2015.

ANDRADE, S. T. A INFLUÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DOS REVESTIMENTOS NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE PAREDINHAS DE ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS DE VEDAÇÃO. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO - ABRAPEX. O QUE É EPS, set. 2019. Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br/01OqueeeEPS.html>>. Acesso em 06 de maio de 2021.

BASTOS, P.S.S. FUNDAMENTOS DO CONCRETO ARMADO. Bauru: UNESP, 2006. Faculdade de Engenharia, departamento de engenharia civil. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>>. Acesso em 05 de maio de 2021.

BERTOLDI, R. H. CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMA CONSTRUTIVO COM VEDACÕES CONSTITUÍDAS POR ARGAMASSA PROJETADA REVESTINDO NÚCLEO COMPOSTO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO E TELAS DE AÇO: DOIS ESTUDOS DE CASO EM FLORIANÓPOLIS. 2007. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis 2007.

BORGES, Juliana Ferreira Barbosa. GESTÃO DE PROJETOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL. MBA Gestão de Projetos em Engenharias e Arquitetura Instituto de Pós-Graduação- IPOG. Goiânia- Goiás: IPOG- ESPECIALIZE, 2013.

CAETANO. Rhenan Carlos de Souza; OLIVEIRA, Ricardo Cardoso de; GONZALEZ, Edinaldo Favareto. COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE ALVENARIA CONVENCIONAL E DRYWALL. Cap. 23. Ingá: UNIEDUSUL, 2017.

CORRÊA, Lásaro Roberto. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

GONZAGA, Giordano Bruno Medeiros. A UTILIZAÇÃO DO EPS COMO ATERRO ULTRALEVE-TÉCNICA APLICADA À OBRAS DE ATERROS SOBRE SOLOS MOLES. Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS, v. 5, n. 1, p. 197, 2018.

LORDSLEEM JÚNIOR, A.C. EXECUÇÃO E INSPEÇÃO DA ALVENARIA RACIONALIZADA. 3.ed São Paulo: O Nome da Rosa, 2004.

MASON CONTRACTORS ASSOCIATION OF AMERICA – MCAA. CONSTRUÇÕES ANTIGAS, 2016. Disponível em <<https://www.masoncontractors.org/>>. Acesso em 20 de maio de 2021.

MAZUCO, Rafael. PAINÉIS MONOLÍTICOS EM EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2018. Disponível em <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documents/3105.pdf>. Acesso em 20 de maio de 2021.

MEDEIROS, G.A.N. AVALIAÇÃO DE PAREDES SANDUÍCHE EM ARGAMAS-SA ARMADA COM NÚCLEO DE EPS. 98 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa 2017.

NASCIMENTO, A.M. A SEGURANÇA DO TRABALHO NAS EDIFICAÇÕES EM ALVENARIA ESTRUTURAL: UM ESTUDO COMPARATIVO. 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria 2007.

OLIVEIRA, L.S. REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (ISOPOR) EM COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São João del-Rei, São João Del Rei, 2013.

PONCIANO, Ana Paula Da Silva; SILVA, Giovanna Lyssa. ESTUDO COMPARATIVO ENTRE SISTEMAS DE CONSTRUÇÃO DE ALVENARIA CONVENCIONAL E MONOLITE. Pub 4. Goianésia-GO: Faculdade Evangélica De Goianésia Curso De Engenharia Civil, 2020. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/9404/1/4_2020_1%20ANA%20PAULA_GIOVANNA.pdf>. Acesso em 24 de outubro de 2021.

RAMALHO, M.A.; CORRÊA, M.R.S. PROJETO DE EDIFÍCIOS DE ALVENARIA ESTRUTURAL. São Paulo: Pini, 2003.

SILVA, F. H. DEMONSTRAÇÃO DO SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAINÉIS MONOLÍTICOS DE EPS. 2018. 20 f. Artigo (Bacharel em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Maringá, Maringá 2018.

TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. ALVENARIA ESTRUTURAL. 1 ed. São Paulo-SP: Editora PINI Ltda, 2010.

THOMAZ, Ercio et al. CÓDIGO DE PRÁTICAS Nº 01: ALVENARIA DE VEDAÇÃO EM BLOCOS CERÂMICOS. São Paulo: IPT, 2009. 65 p. Disponível em: <https://revistas.unipacto.com.br/storage/publicacoes/2018/analise_comparativa_do_sistema_construtivo_de_alvenaria_convencional_e_269.pdf>. Acessado em 25 de outubro de 2021.

VECHIATO, Amanda Maria Veanholi. ESTUDO DE MÉTODOS CONSTRUTIVOS INOVADORES COM POLIESTIRENO EXPANDIDO. Campo Mourão: Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, 2017. Disponível em:<<file:///D:/Downloads/metodosconstrutivosinovadorespoliestirenoexpandido.pdf>>. Acessado do 24 de outubro de 2021.

CAPÍTULO 23

VANTAGENS DO PROGRAMA REVIT NA ENGENHARIA CIVIL

REVIT ADVANGES IN CIVIL ENGINEERING

Carla Tenório Baía¹
Lucinaia Bentes Nogueira²

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.23

¹ Universidade da Amazônia, carla_tenorio@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0762-277X>

² Universidade da Amazônia, lbentesn@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/7424162020601164>

RESUMO

Na atualidade relacionada a engenharia civil, um dos grandes percalços é o ganho de eficiência e produtividade juntamente com a redução de desperdícios e retrabalhos. Contudo, surge uma alternativa inovadora e eficaz para diminuir gastos desnecessários, denominada de tecnologia Revit. Dessa forma, o objetivo desse estudo é relatar a produtividade do uso do Revit para profissionais de engenharia civil. Como principal procedimento metodológico, pode ser descrita a pesquisa bibliográfica, com a busca por textos atuais sobre a temática em questão. O principal resultado destaca que o uso do Revit se mostrou eficaz nas atividades que é aplicado, como modelagem de paredes, visualização 3D, pisos, divisão de ambientes, portas, janelas, escadas, telhados, cobertura, cotagem, cortes, fechaduras, terreno, folha ABNT, plotagem, exportação DWG e PDF, renderização e quantificação de projeto. Sendo a principal contribuição do trabalho para a área da Engenharia Civil, relativo as construtoras nacionais vislumbrarem o uso do BIM como futuro certo na área, buscando se adequar à nova tecnologia.

Palavras-chave: Vantagem. Software. Revit. Projetos.

ABSTRACT

Nowadays, one of the greatest challenges in civil engineering is to gain efficiency and productivity while reducing waste and rework. However, there is an innovative and effective alternative to reduce unnecessary expenses, called Revit technology. Thus, the purpose of this study is to report on the productivity of using Revit for civil engineering professionals. The main methodological procedure is bibliographic research, with the search for current texts on the subject in question. The main result highlights that the use of Revit has proven effective in the activities that it is applied, such as modeling walls, 3D visualization, floors, room divisions, doors, windows, stairs, roofs, coverage, dimensioning, cuts, locks, terrain, ABNT sheet, plotting, DWG and PDF export, rendering and project quantification. Being the main contribution of the work for the Civil Engineering area, relative to the national construction companies glimpse the use of BIM as a certain future in the area, seeking to adapt to the new technology.

Keywords: Advantage. Software. Revit. Projects.

1 INTRODUÇÃO

Esse artigo possui como questão norteadora a importância do Revit como um software paramétrico que apresenta vários módulos para diferentes especialidades na área da construção civil.

Esse estudo objetiva demonstrar o conjunto de benefícios que o uso do Revit traz para construção civil na sua concepção global, ou seja, desde a fase de projeto até a construção da edificação, o torna algo indispensável para a evolução e competitividade de uma empresa.

Essa pesquisa se justifica pela necessidade de demonstrar conceitos teóricos metodológicos na prática, demonstrando a importância deste software e ferramenta de trabalho na área de Engenharia Civil. Além de contribuir na demonstração da necessidade de formação de profissionais na aplicação da tecnologia BIM na elaboração de seus projetos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Esse estudo almeja relatar a produtividade do uso do Revit para profissionais de engenharia civil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Destacar as ferramentas parametrizadas do Revit que permitem a geração de elementos presentes de forma simultânea em diversas vistas de projeto, sejam elas, plantas, cortes, elevações e perspectivas.
- Sintetizar o Revit, bem como as ferramentas de otimização do tempo de elaboração do projeto com seu uso.
- Apresentar como o recurso do Revit pode ajudar na apresentação do projeto ao cliente final.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

É importante iniciar com considerações sobre o Revit como uma plataforma, completamente diferente da plataforma do AutoCAD, onde é possível encontrá-lo segmentado em disciplinas, para arquitetura (Revit Architecture), para estrutura (Revit Structure) e para instalações prediais (Revit MEP).

Segundo Netto, (2016) o nome Revit vem das palavras em inglês “Revise Instantly”, que significa Revise instantaneamente. Com todos os benefícios de planejamento, execução e gerenciamento de projetos, essa realidade tecnológica denominada Revit, ganha mais força no mercado.

O Revit é uma plataforma da Autodesk que usa a tecnologia BIM (Building Information Modeling). Netto (2016) afirma que o Revit é uma ferramenta que utiliza um novo conceito, sendo um software de design de projeto de arquitetura e engenharia e um sistema completo de documentação do projeto que suporta todas as fases do processo.

3.1 DESCRIÇÃO DAS VANTAGENS DO USO DO REVIT

Segundo Vieira e Figueiredo(2020), a modelagem 3D proporciona ao profissional da engenharia civil, a correção de congestionamento e erros, resolvendo-as no início do processo. O resultado disso é uma documentação minuciosa e sem erros. O software produz orçamentos precisos com a quantidade de material, simples e rápido, tornando-se vantajoso para o contratante analisar se está dentro do orçamento.

Conforme a literatura, AUTODESK(2016), muitas empresas de engenharia civil estão se aprimorando para fazer um uso mais amplo do BIM e ter vantagens das capacidades que o BIM oferece. O mais imediato dos benefícios para projeto de estradas, é que eles são melhor projetados com eficiência e produtividade maiores que os métodos tradicionais. Como a documentação de projetos são dinamicamente linkados, o tempo necessário para avaliar mais possibilidade, executar mudanças de projetos, e produzir documentação de construção é reduzida significativamente. Isto é particularmente importante no caso de mudanças, pois isto pode diminuir o tempo de contrato, resultando em projetos sendo completados antecipadamente e dentro dos mais predados padrões.

As capacidades do BIM têm se tornado uma necessidade para consultorias de engenharia envolvendo projetos de rodovias e outros projetos de infraestrutura. Além da eficiência e produtividade, o BIM facilita a otimização de estradas ao incluir uma visualização, simulação, e análises como uma parte integrante do processo. Algumas vantagens do uso do BIM:

1. Melhora na visualização;
2. Melhora na produtividade devido a fácil recuperação de informação;
3. Melhora na coordenação de documentos da construção;

4. Incorpora e linka informações vitais, como materiais específicos, localização de detalhes e quantidades requeridas para estimação e concurso;
5. Melhora a velocidade da entrega;
6. Reduz custos;

Assim como construções, componentes de infraestrutura: “esgoto, drenagem e água potável”, “tem um ciclo de vida”. No nível municipal, a parte “procurement” do ciclo de vida usualmente começa com planejamento de capital e acaba com captura dos dados “as built” e a transferência destes dados para o registro municipal, o qual em muitas instâncias é a *base* do seu GIS. A fase planejamento é onde projetistas tem as melhores habilidades para afetar o resultado, e consequentemente o custo do projeto total.

3.1.1 A importância da compatibilização de projetos

A compatibilização é uma etapa fundamental na fase de projetos de uma edificação. Trata-se em sobrepor todos os projetos antes da fase da construção. A principal função da compatibilização é reduzir ou até mesmo eliminar as interferências físicas e perdas de funcionalidade de uma edificação, o que ocasiona retrabalho no canteiro de obras.

A FINEP financiou um trabalho que contou com a participação de quinze universidades brasileiras, fizeram uma análise de desperdícios nos canteiros de obras e constatou que uma das maiores causas é a falta de compatibilização entre os projetos (FINEP e ITQC, 1998).

A partir do momento que um engenheiro passa a fazer um projeto de estrutura ou de instalações sobre a arquitetura existente em 3D, poderá observar por onde deverá passar vigas, pilares e tubulações para que não haja interferência entre eles. Porém, em grandes projetos, alguma coisa pode passar despercebida e os “Revits” possuem um comando que confere a interferências entre os projetos.

Na verdade, a interferência pode ser analisada entre qualquer coisa, podendo ser até mesmo, apenas entre objetos de arquitetura. Graziano (2003) relata que por volta dos anos 60 devido ao aumento de demanda na construção civis profissionais que trabalhavam juntos começaram a criar escritórios técnicos especializados em: arquitetura, estrutura e instalações; que no início funcionou, pois estes vinham de contato direto com a prática da construção e sabiam as necessidades ligadas a constitutibilidade e demais especialidades envolvidas no projeto.

3.1.2 Uso do REVIT em obras

Por se tratar de um software da plataforma BIM e por ser o mais difundido nesta área, todo o projeto foi desenvolvido no Autodesk Revit. Sua interface gráfica é bastante intuitiva, proporcionando uma grande facilidade no manuseio do programa.

Suas ferramentas permitem a utilização de um processo inteligente baseado em modelos para planejar, projetar, construir e gerenciar edifícios e infraestruturas. Além disso, o Revit oferece suporte a um processo de projeto multidisciplinar, para trabalhos colaborativos. Sendo importante mencionar:

Com a base dos projetos em objetos 3D, o software possibilita que, da concepção até a elaboração, todas as fases sejam realizadas de forma mais coordenada e consistente. O programa é um aplicativo individual que inclui recursos para projeto de arquitetura, de construção e de engenharia estrutural, além de oferecer uma troca de informações, durante o processo do projeto, com todos os participantes e colaboradores, por meio do armazenamento dos dados num modelo central. (SILVA, 2017).

Netto, (2016) afirma que ao iniciar o Revit, é visualizada a opção de iniciar um novo projeto ou abrir um projeto já iniciado. Também podemos criar uma família ou abrir uma existente.

Segundo a autora, as famílias são as bibliotecas de elementos construtivos. Ou seja, todos os elementos utilizados no projeto fazem parte de uma categoria de famílias. Por exemplo, paredes, portas, janelas, pisos, mobiliários, etc. cada um destes elementos ou objetos pertencem às suas respectivas famílias. Conforme demonstrado na figura 1, que expressa a tela inicial do Revit:

FIGURA 1: Tela inicial do Revit.



FONTE: PEREIRA, 2017.

Para iniciar o projeto no Revit, o primeiro passo é criar os níveis e ajustar as cotas de acordo com a altura de cada pavimento. Vale ressaltar que é recomendável ter um arquivo template (modelo) configurado, com os padrões desejados pelo usuário afim de facilitar o trabalho, bem como aumentar a produtividade, pois trabalhar num modelo pré-configurado, ou seja, o modelo nativo do próprio Revit, não é uma tarefa nada fácil.

Segundo Thuler (2019), a comunicação entre áreas de um projeto e a qualidade da informação do são os pontos considerados de maior ganho, tanto para gerência quanto para os colaboradores. Pois o uso do Revit, proporciona originalmente uma modelagem com menos incoerências e erros.

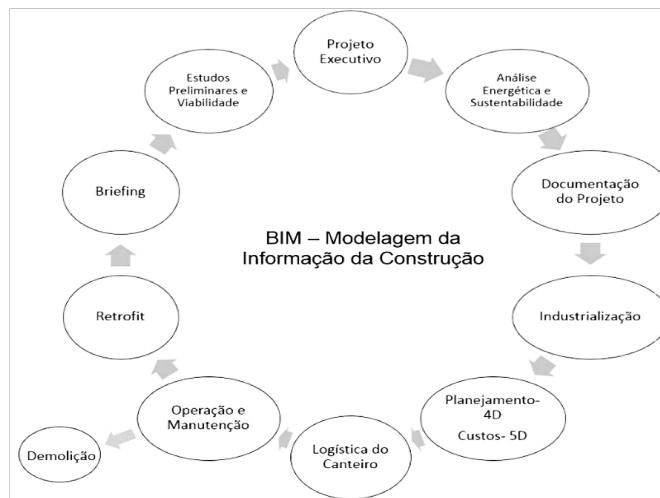
Uma vez que o BIM requer colaboração entre as partes da equipe, conceitualmente, o ideal é que houvesse um modelo único no qual todos trabalhassem e atualizassem os projetos simultaneamente (STANLEY; THURNELL, 2014). Esta recomendação também é citada por Monteiro e Poças Martins (2013), já que proporciona um maior domínio de todas as informações de projeto para todos os envolvidos.

E essa interatividade do sistema de planejamento 4D, segundo McKinney (2000), apoia o processo de captura e dinâmica de gestão da integração entre os componentes do projeto, além dos recursos ao longo do tempo, dando suporte, em tempo real, de interação dos usuários com o sistema em 4D. onde, esse sistema Revit também incentiva a comunicação, aprovação e melhoria dos cronogramas.

3.1.3 BIM e integração de funções

De acordo com Eastman(2008), Para modelar o ciclo de vida de uma edificação o BIM consegue integrar muitas funções. O BIM facilita processos de projeto e construção totalmente integrados, quando implementado de forma correta, o resultado são construções com melhor qualidade, custo e prazo para executar menores. Conforme demonstrado na figura 2 sobre o ciclo do projeto da edificação:

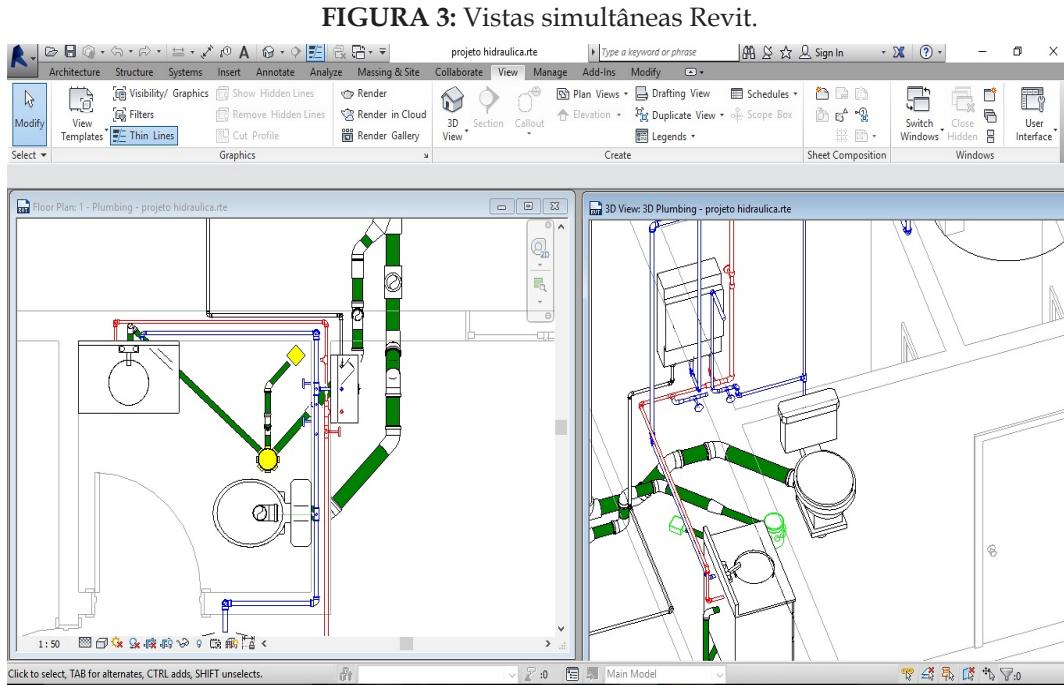
FIGURA 2: Ciclo de vida da edificação



FONTE: Vieira e Figueiredo(2020).

A figura 2 demonstra como a plataforma BIM pode ser utilizada em todas as fases de uma edificação, segundo Manzione (2013): Na reforma (retrofit), estudo de viabilidade e projetos executivo, detalhamento de análises, documentação, fabricação, planejamento e custos (4D e 5D), logística para implementação do canteiro, operação e manutenção e a demolição. Conforme demonstrado na figura 3, com a visão simultânea de áreas do projeto.

Além disso, utilizando a plataforma BIM, as informações vêm todas de apenas um lugar, tornando-as consistentes e evitando conflitos de dados e erros de digitação. O BIM permite a troca de experiências, o estudo de sequências construtivas, a simulação de alternativas tecnológicas, detecção de conflitos e melhoria da logística de canteiro, facilitando o desenvolvimento de soluções que otimizem a obra e, portanto, reduzam seu prazo. Isso possibilita a geração de cronogramas mais realistas. Para os arquitetos e projetistas, a perspectiva com a automatização de processos é de menos tempo de desenho e mais tempo de projeto. (NUNES, 2013). Podendo ser visualizado de forma simultânea conforme a figura 3, de IGNIS (2017):



FONTE: IGNIS, 2017.

Dessa forma, através desse método é possível unir as informações e detalhes de vários projetos de construção e criar um modelo 3D da obra, muito mais próximo do resultado. Assim, o softwares Revit passou a ser paramétrico e tridimensional, permitindo que as equipes possa trabalhar de forma integrada e colaborativa, e diminuindo a chance de erros. Contudo, segundo Marques e Junior(2019), apesar dos pontos positivos apresentados, ainda existem barreiras para a utilização do BIM, como investimentos de implantação elevados e escassez de profissionais capacitados na área.

Destacando, segundo IGNIS (2017), que qualquer equipamento não é capaz de executar o Revit ou qualquer modelador BIM, uma vez que é necessário um computador com alto poder de processamento, quantidade razoável de memória e capacidade de aceleração 3D.

Contudo, mesmo com investimentos iniciais mais altos e da necessidade de um maior nível de conhecimento, Marinho (2017) ressalta, que utilização da tecnologia BIM pode ser mais vantajosa ao diminuir a ocorrência de erros e, consequentemente, de desperdícios de materiais, propiciar orçamentos mais enxutos e adequados, diminuindo desta forma o tempo de planejamento e prazo da obra.

4 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos para desenvolver este estudo optei pela realização de uma revisão bibliográfica. Esta etapa compreendeu a busca das principais publicações relacionadas ao uso do Revit na Engenharia Civil. Baseando-se nos principais banco de fontes pertinentes: Google Scholar, Scielo, World Scientific Publishing, com as palavras chave em português e inglês.

Os materiais utilizados para elaboração da revisão foram selecionados considerando a relevância do trabalho, a apresentação de dados inéditos, e a qualidade e clareza das definições. Além de realizar como um critério de inclusão, os artigos mais atuais, que datam do ano de 2016 a 2021, utilizando também dados de autores renomados que são atemporais e importantes em suas constatações conceituais.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante dos dados apresentados, é importante relatar o Revit como uma tecnologia encontrada anteriormente somente em indústrias tais como a automobilísticas, aeroespaciais, empresas de T.I., sendo indústrias que já vem utilizando essas tecnologias de informação e comunicação em seus processos produtivos com sucesso e lucratividade. Onde visualizam as vantagens do uso da tecnologia Revit, na atualidade e movidos pela necessidade de aprimoramento, cabe aos profissionais da construção civil se capacitarem e modificarem sua forma de pensar, projetar e executar obras, se capacitando para utilização dessa tecnologia que traz tantas vantagens.

Dessa forma, as vantagens do uso do BIM podem ser descritas inicialmente através da sua integração, que vem proporcionando melhoria do fluxo de dados e informações entre os participantes de um projeto. Com redução de erros, melhorando assim a coordenação e qualidades, garantindo a integridade dos dados. Ou seja, com a implantação do Revit, os profissionais da área de engenharia civil podem reduzir imprevistos durante a execução da obra, pois o software atua de forma integrada. Na fase de projetos, o projetista consegue identificar incompatibilidades e corrigi-las. Com isso, evita retrabalho, estouro de orçamento e atraso no prazo da obra. O planejamento fica mais preciso e eficiente, uma vez que o planejador não precisa fazer o cálculo de quantitativos com auxílio de outros softwares ou a mão, pois, o Revit fornece todas essas informações dentro de um mesmo modelo, rápido e prático.

Portanto, foi observado que através da modelagem com o Revit identificou-se incompatibilizações, gerando economia na obra e garantindo segurança estrutural, através da previsão dos furos necessários na estrutura em concreto armado ou alteração do projeto hidrossanitário. Além disso, possibilitou uma apresentação do projeto de forma mais realista para o cliente

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das constatações apresentadas, se torna claro que trabalhar com compatibilização dos projetos, como uma alternativa aos métodos tradicionais de projetos bidimensionais. Sendo, o Revit um grande benefício ao construtor devido seu ao amplo nicho de atuação do software. Visto que, ele auxilia na compatibilização dos projetos, que é uma etapa muito importante para o empreendimento, pois é neste momento em que erros podem ser corrigidos sem alterações significativas de custos, característica contrária ao que ocorre quando são realizadas alterações durante a execução da obra.

Dessa forma, o Revit é fundamental para confiabilidade de orçamentos e cronogramas em empreendimentos da construção civil, permitindo uma série de soluções para compatibilizar as distintas do projeto arquitetônico aos projetos complementares, criando um modelo virtual com nível de informações que permite levantar o quantitativo de material suas características e custos para realizar-se orçamentos confiáveis e rastreáveis.

Portanto, o software Revit é demonstrado nesse estudo como inovador, elevando-se a programas CAD que deixava de fazer somente linhas e volumes, para hoje abranger o que o profissional precisa e quer. A utilização do Revit é benéfica, útil e aperfeiçoou o processo de geração dos desenhos, tornando-o mais ágil. Os profissionais que tem contato com o software possuem mais interesse em aprender a ferramenta sendo que foi observada uma melhoria no entendimento do projeto, como destacada na pesquisa bibliográfica, uma vez que o Revit permitiu uma representação mais próxima do objeto físico que será construído.

REFERÊNCIAS

AUTODESK. **Software de modelagem de informações de construção.** 2016. Disponível em:< <https://www.autodesk.com.br/products/r>> Acesso em: 16 de Out. 2021.

EASTMAN, Chuck. **BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors.** Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2008.

FINEP E ITQC - Pesquisa - **Alternativas para a Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obras.** PCC USP, São Paulo, setembro 1998. Disponível em:< <http://pesquisa.pcc.usp.br/perdas>> Acesso em 16 de Out. 2021.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de Projetos.** Dissertação (Mestrado Profissionalizante), Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT, São Paulo. 2003.

IGNIS, Engenharia Legal. **Introdução Histórico e Softwares BIM.** 2017. Disponível em:< <https://www.ignisengenharia.com.br/index.php/it/pages/item/43-a-importancia-do-bim-na-industria-da-construcao-civil>> Acesso 17 de Out. de 2021.

NETTO, Cláudia Campos. **Autodesk Revit Architecture 2016 – Conceitos e Aplicações.** 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2013.

Martins, DA; Rodrigues Junior, AS. Análise da Comparativa da Utilização da Tecnologia BIM em Projeto de Residências Unifamiliares. **Revista Teccen.** 2019 Jul/Dez; 12 (2): 02-10

Marinho, R. **Análise comparativa do levantamento de quantitativos entre o método manual e a plataforma BIM (Graduação).** Universidade Federal do Ceará. 2017.

PEREIRA, Nilson. **Utilização da tecnologia BIM no desenho arquitetônico: um estudo de caso.** Universidade Federal do Recôncavo da Bahia Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas Bacharelado em Ciências Exatas e Tecnológicas. 2017.

THULER, Danielle Ferreira. **Análise da implantação do BIM em uma construtora de grande porte voltada à habitação popular.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia Curso de Especialização em Construção Civil. 2019.

VIEIRA, Tayna; FIGUEIREDO, Karoline. Vantagens de planejar uma obra com a plataforma BIM, REVIT. **Revista Boletim do Gerenciamento**, nº 17 (2020).

CAPÍTULO 24

ANÁLISE DO MÉTODO CONSTRUTIVO INSULATED CONCRETE FORMS (ICF) PARA CONSTRUÇÕES NO MUNICÍPIO DE SANTARÉM-PÁ

*ANALYSIS OF THE CONSTRUCTIVE METHOD
INSULATED CONCRETE FORMS (ICF) FOR
CONSTRUCTIONS IN THE MUNICIPALITY OF
SANTARÉM-PÁ*

Lucas Brilhante dos Santos¹
Rafael Alexandre da Silva Oliveira²
Carla Luciane Bentes Nogueira³

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.24

¹ brilhantesantos@hotmail.com
² rafaeloliveira.stm@gmail.com
³ 040700319@prof.unama.br

RESUMO

Este artigo científico tem o objetivo de analisar as vantagens, desvantagens e a viabilidade econômica do método construtivo sustentável *insulated concrete forms*, ou simplesmente método ICF, na cidade de Santarém no Pará. Para obter êxito nessa proposta, o artigo fundamenta-se em pesquisas exploratórias que buscam aprofundar o tema, além de estudos em campo e a realização de entrevistas com o representante das fôrmas do sistema ICF no município e um engenheiro que utilizou esse método construtivo. A partir disso, notou-se diversas vantagens na utilização desse sistema construtivo no município como por exemplo o excelente desempenho térmico do material em uma região que é muito quente e o fato de não precisar de uma mão de obra especializada para executar a construção. Entretanto, entre as principais desvantagens do uso desse método, destacou-se o alto preço da compra do material para a região. Portanto, apesar de todos os benefícios que o sistema de fôrmas de EPS do método ICF entrega para uma construção, a questão do preço faz repensar a decisão final de escolha do material.

Palavras-chave: Método. ICF. Santarém.

ABSTRACT

This scientific article has the purpose of analyzing the advantages, disadvantages and economic viability of the sustainable constructive method concrete forms, or simply ICF method in Santarem in Para. To succeed in this proposal, the article funds in exploratory research that seek to deepen the theme, besides field studies and perform interviews with the representative of the ICF system in the county, and an engineer who used this constructive method. From that, it was noted several advantages in the use of this constructive system in the county as for example the excellent thermal performance of the material in a region that is very hot and the fact that you don't need a hand of the construction system to perform construction. However, among the main disadvantages of the use of this method stood at the high price of buying the material for the region. So despite all the benefits the EPS system of the ICF method delivers to a construction, the price question makes rethink the final decision of material.

Keywords: Method. ICF. Santarém.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil ao longo das últimas décadas foi sendo motivo de debate recorrente na sociedade, devido ao fato de que os métodos e materiais comumente aplicados para a construção são bastante poluentes. Segundo Oliveira (2015), o surgimento de novas tecnologias construtivas que visem as práticas sustentáveis é uma tendência que está crescendo atualmente, e para garantir esse “status” de sustentável, os sistemas construtivos devem obter certificações ambientais, possuir materiais que poluam menos o ambiente, segurança, etc.

Diante disso, uma metodologia construtiva que chegou ao Brasil no final da década de 90 e que tem atendido aos requisitos da sustentabilidade e da qualidade é o método *Insulated Concrete Forms* – ICF – que significa “fôrmas de concreto isolado”. Essa metodologia se diferencia das outras, pois o material é produzido inteiramente com Eps, que é um material leve, sendo que a sua produção não gera resíduos sólidos e tem o diferencial de ser totalmente reciclável e reaproveitável.

Além disso, soma-se também o aumento expressivo nos preços dos produtos básicos da construção como tijolo, aço e cimento e, com isso, nota-se a importância de ter formas alternativas construtivas para que haja a possibilidade de prosseguir construindo em um mercado que está passando por uma das maiores crises econômicas da história. Além do mais, a sociedade e até mesmo o próprio setor da construção civil ainda é majoritariamente receoso com essa nova tecnologia (ICF), devido à falta de conhecimento sobre o método e a uma mentalidade mais conservadora, dificultando a sua popularização.

Portanto, pela escassez de estudos sobre a tecnologia construtiva do método ICF, este artigo irá explicar e analisar as vantagens, desvantagens e a viabilidade econômica de utilizar esse sistema especificamente no município de Santarém-Pa. Para isso, este artigo apresentará algumas análises através de pesquisas de campo e entrevistas feitas com pessoas que tiveram experiência com esse método construtivo para corroborar as análises realizadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será abordado as referências teóricas utilizadas no artigo, ressaltando a origem do bloco, a estrutura do bloco do sistema construtivo ICF e os principais motivos da fôrma ser sustentável.

2.1 Surgimento das fôrmas de isopor do sistema ICF

De acordo com Junior (2018), a metodologia construtiva ICF (insulated concrete forms) teve a sua aplicação inicialmente na Europa no período pós 2^a guerra, devido ao fato de ser um material barato e fácil de usar para reconstruir as estruturas destruídas durante a guerra. Entretanto, a primeira patente registrada para uma fôrma de concreto de espuma foi somente na década de 60 por meio do empreiteiro alemão Werner Gregori, que modernizou e padronizou as fôrmas de EPS (BARRETO E JESUS, 2018).

Posteriormente, em 1998, a tecnologia construtiva ICF chega ao Brasil através de um empresário brasileiro que foi fundador da empresa Isocret do Brasil, que foi a primeira empresa em solo brasileiro a trabalhar com esse sistema construtivo (ISOCRET DO BRASIL, 2017 apud JUNIOR, 2018). Após esse período inicial, outras construtoras brasileiras surgiram e se disseminaram utilizando o sistema de blocos de EPS, como por exemplo a ICF construtora, Iforms, ICF farms, etc.

2.2 A estrutura da fôrma

Os blocos são constituídos inteiramente com EPS o que proporciona uma estrutura mais leve e consequentemente é possível utilizar fundações menos robustas que, segundo o manual técnico do grupo ICF, deve se dar preferência ao radier por facilitar a marcação das paredes. Os encaixes dos blocos são do tipo macho-fêmea e são colocados barras de aço de 8 ou 10 mm dentro deles para poder receber, posteriormente, o concreto (fck mínimo de 15 Mpa).

Além disso, os blocos iForms ICF, por exemplo, são subdivididos em 2 tipos, o do tipo estrutural que tem 18 cm de espessura e do tipo vedação que possui 12 cm (MANUAL TÉCNICO IFORMS). Ambos os blocos têm 125 cm de largura e 40 cm de altura, o que facilita o transporte do material e há também um aumento da produtividade, pois é possível fazer 10 m² de parede com apenas 20 blocos.

2.3 Sustentabilidade

Segundo Munaro (2010), o EPS por ser um material reciclável e que não é produzido com processos poluentes torna a sua utilização gradativamente mais viável, pois, atualmente, as empresas e os clientes tendem a procurar processos construtivos mais sustentáveis para as suas obras. Outro fator importante é que o uso total e exclusivo das fôrmas do sistema ICF traz para a obra uma redução de retirada de resíduos sólidos de até 98%, pois o material além de possuir uma execução mais limpa, é também reaproveitável (JUNIOR, 2018).

Além do mais, o sistema em ICF possui conceito greenbuilding, ou seja, possui certificações (LEED, BREEAM, AQUA-HQE,) que servem para comprovar que aquela construção possui parâmetros relacionados a sustentabilidade social e econômica (ICF INDAIATUBA).

3 METODOLOGIA

Em princípio, a pesquisa tange uma linha exploratória buscando o aprofundamento do assunto a fim de se ter um embasamento e argumentos críticos conclusivos de forma coerente, sendo assim investiga através de projetos de edificações se o método construtivo é viável tanto estruturalmente com o ganho de tempo e a sustentabilidade, quanto economicamente com o orçamento e execução com menos desperdício de materiais. Desse modo, são analisadas comparativas quanto a estrutura comumente usada na região, sendo esta na forma de concreto armado e alvenaria de tijolos cerâmicos e estrutura em blocos de ICF. Mas também uma pesquisa descritiva, buscando identificar os fatores que determinam ou contribuem para a escolha do método de blocos ICF a ser executado em obra.

Em segundo plano, a pesquisa apresenta-se sob um enfoque crítico-dialético, uma vez que discuti práticas a fim de propor mudanças, tendo em vista que o exame das formas estruturais de edificações em Santarém/PA, os índices de reajuste de preço no período da pandemia, visualizando utilizar uma nova alternativa que se enquadre com a evolução da sociedade. Além disso, os dados foram tabulados e analisados quantitativamente e qualitativas, através de uma abordagem estatística com porcentagens traduzidas em números para análise de opiniões e informações obtidas durante a pesquisa, sendo utilizados para a coleta dos dados entrevistas estruturadas contendo questões centradas na temática proposta voltadas para a construção civil, sendo direcionada aos responsáveis técnicos de obras que utilizam estes métodos.

Em suma, com o intuito de identificar os mecanismos de estrutura do método com blocos de ICF, foram buscados dados perante obras de edificações que possuem tal mecanismo, referindo-se a sua logística, vantagens orçamentaria e estrutural, de modo que consubstancie no método trajado ideal para a sociedade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, será descrito as vantagens, desvantagens e a viabilidade econômica do sistema construtivo em fórmas de EPS da ICF no município de Santarém. Para isso, fundamentou-se em pesquisas de campo, artigos científicos e duas

entrevistas feitas, uma com o representante do sistema na região e outra com um engenheiro que utilizou o método.

4.1 Vantagens

Primeiramente, um dos principais benefícios que a utilização desse sistema construtivo proporciona, sendo sempre mencionado pelos entrevistados, é a possibilidade de gerar uma economia de até 40% na conta de energia elétrica, que é algo muito importante tendo em vista os aumentos gradativos na conta de luz. E isso ocorre, pois, o coeficiente de condutividade térmica da fórmula ICF ($0,025 \text{ W/m.K.}$) é 26 vezes menor se comparado com o tijolo cerâmico ($0,65 \text{ W/m.K.}$), ou seja, com o sistema ICF há uma menor perda de calor para o meio externo e, consequentemente, menor perda de energia (MUNARO, 2021 apud SANTOS, W. N. et al, 2004).

Além disso, outro fator benéfico importante para a escolha do EPS como sistema construtivo, é devido ao clima predominante na região, que é o equatorial do tipo quente e úmido. O material da fórmula em EPS proporciona uma redução em até 10 vezes da condutibilidade de calor em relação ao tijolo convencional (Tijolo: $0,35 \text{ W/m}^2\text{C}$ e o ICF: $0,034 \text{ W/m}^2\text{C}$), isto significa que há maior dificuldade de entrada de calor do ambiente externo para o interno (MUNARO, 2021 apud PEREIRA, 2018). Dessa forma, verifica-se que há um ambiente interno com mais conforto térmico, algo muito significativo e perceptível em nosso município que é muito quente.

Ainda sobre as vantagens, mesmo sendo um sistema construtivo relativamente novo no país, uma característica que difere de outros sistemas também novos como, por exemplo, o steel frame e o wood frame, é a possibilidade de não precisar de mão de obra especializada, que é um tanto escasso em nosso município. Dito isso, é necessário apenas um treinamento simples ministrado pelos fornecedores ou por um franqueado do produto, e depois disso os funcionários já estão aptos a trabalhar com esse material.

Em relação ainda sobre a mão de obra, segundo foi relatado pelo representante do material, em uma de suas obras, foi possível apenas com 1 pedreiro e 1 ajudante alcançar a produtividade de 40 m^2 de parede somente em um dia. Outro ponto mencionado pelo entrevistado, e que está diretamente ligado a produtividade, é que o EPS por ser um material leve possibilitou a utilização da fundação de radier e isso gera um ganho a mais na produtividade, uma vez que a fundação em radier é mais rápida e simples de executar.

4.2 Desvantagens

Entre as desvantagens analisadas durante a coleta de informações, pode se afirmar que a principal seria o fato da matéria prima da fôrma de EPS ser produzida fora do país e nesse caso estar atrelada ao dólar, o que torna o preço mais caro, tendo em vista que o dólar está a R\$ 5,46 (cotação no dia 15/11/2021). Ainda em relação a produção, um outro ponto a ser mencionado é que a fábrica que produz as fôrmulas está localizada em Sinop no Mato Grosso, o que encarece ainda mais o material, pois incluirá o frete e os impostos de outro estado para chegar no município de Santarém.

Em segundo lugar, constatou-se também a incipienteza do sistema ICF na cidade de Santarém, visto que de acordo com o representante do método construtivo aqui no município, há apenas 5 obras no momento (outubro de 2021) que utilizam as fôrmulas de EPS. Isso evidencia uma baixa popularização do método, e que está diretamente relacionado ao fato de que as construtoras raramente oferecem diferentes alternativas construtivas aos clientes e também por causa de uma certa cultura por parte da população de sempre utilizar o método tradicional.

4.3 Viabilidade econômica

Para se mensurar a viabilidade econômica, primeiramente foi feito uma análise fundamentada nos preços da fôrma fornecida pelo representante do material na região. Segundo o franqueado, existem duas opções de negociação no mercado local no momento (outubro de 2021), a primeira no valor de R\$ 164,45 o m² que está incluindo 1 m² da fôrma de vedação, mais o frete para trazer o material e uma consultoria grátis. Já na segunda opção, o mesmo 1 m² da fôrma custa R\$ 100,00 e, nessa situação, não está incluso o frete e nem a consultoria.

Perante o exposto, realizou-se um comparativo de preços entre a fôrma de vedação da ICF, com um valor orçado na cidade de Santarém do método tradicional de vedação, que é o tijolo cerâmico. No cálculo de quantitativos de materiais utilizados, foi escolhido o tijolo cerâmico de 19x19x11,5 cm e uma construção térrea com uma área total de parede equivalente a 600 m². Já em relação ao preço da fôrma, utilizou-se a primeira forma de negociação (R\$ 164,45 o m²). Com base nos resultados, efetivou-se o desenvolvimento do quadro 01 abaixo.

Quadro 01 – Comparativo entre os preços do tijolo cerâmico de 19x19x11,5 e da fôrma de vedação da ICF

Material	Fôrma ICF	Tijolo 19x19x11,5
Área	0,5 m ²	0,036 m ²
Quantidade total	1200 fôrmulas	16.666,66 tijolos
Preço unitário	R\$ 164,45	R\$ 0,85
Preço total	R\$ 197.340,00	R\$ 14.166,66

Fonte: Autor

Diante desses resultados, percebe-se a diferença ainda grande de valores entre os sistemas construtivos, isso só levando em consideração a vedação. É preciso comentar que ainda há os gastos com ferragens, madeiras e concreto no sistema com alvenaria, entretanto o método em ICF também possui gastos com concreto e armação, porém é menor.

Outro ponto a se comentar é em relação a produtividade de cada sistema construtivo, algo que está diretamente relacionado com o orçamento da mão de obra. No primeiro caso, considerou-se 1 pedreiro com uma diária de R\$ 100,00 e 1 ajudante com uma diária de R\$ 50,00 (valores pesquisados no mercado) e com uma produtividade em média de 15 m² de alvenaria por dia (média comum nas obras da cidade). No segundo caso, considerou-se os mesmos 2 trabalhadores com os mesmos valores diárias, porém com uma produtividade de 40 m² por dia de parede (produtividade descrita pelo representante do produto na região). O quadro 02 abaixo descreve os resultados encontrados.

Quadro 02 – Comparativo entre a produtividade da mão de obra no tijolo cerâmico e na fôrma de vedação da ICF

Material	Alvenaria	ICF
M ² diário produzido	15 m ²	40 m ²
Dias para finalizar	40 dias	15 dias
Valor total da diária	R\$ 150,00	R\$ 150,00
Valor total do serviço	R\$ 6.000,00	R\$ 2.250,00

Fonte: Autor

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo científico visou explicar e apresentar um método construtivo alternativo para as pessoas na cidade de Santarém no Pará. Esse sistema construtivo das fôrmas da ICF, além de ser uma construção sustentável, é também muito mais fácil e rápida de ser executada.

Então, diante dos resultados expostos no artigo acadêmico, percebe-se que a construção com fôrmas de EPS do método ICF, mesmo com todas as vantagens descritas no artigo, ainda são, atualmente, muito mais caras para se construir quando comparadas a alvenaria tradicional. Entre os principais motivos para esse alto preço do material analisado, destacam-se dois pontos. O primeiro ponto é devido a pandemia, com isso houve os aumentos nos preços de matérias primas atreladas ao

dólar e isso encareceu a chegada da matéria prima da fôrma de EPS ao Brasil. Em segundo lugar, evidencia-se a falta de conhecimento do sistema ICF no âmbito da construção civil, que opta majoritariamente em continuar apenas com o tradicional e, com isso, tem-se uma baixa demanda do produto e, sem a alta procura, não há uma concorrência de mercado para assim baratear a produção, e sem isso o custo do material se eleva.

Além disso, conclui-se que para aumentar a demanda do produto, o mais importante primeiramente é fazer com esse sistema construtivo seja difundido pelas construtoras e pessoas relacionadas com construção civil, para que assim o cliente possa ter um nicho maior de opções para construir. Essa difusão pode ocorrer através de diversas formas, como por exemplo por meio de artigos científicos, conferências, palestras em universidades e escolas técnicas, etc.

Por fim, foi possível perceber que a quantidade de informações relacionadas a esse tema ainda são muito escassas no âmbito das pesquisas científicas. Portanto, evidencia-se a necessidade de continuar com a pesquisa para aprofundar mais o tema.

Nesse caso, a pesquisa pode futuramente apresentar um orçamento mais detalhado das etapas de serviços comparando ainda o método ICF e o método convencional. Outro ponto seria a possibilidade de entrevistar os clientes que tiveram experiência com esse tipo de construção e verificar quais foram as opiniões que eles ficaram do método e se realmente compensou utilizá-lo.

REFERÊNCIAS

BARRETO, Maria; JESUS, Andressa. **Análise Comparativa dos Sistemas Construtivos em Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural e Moldes Isolantes para Concreto (Icf)**. Cuiabá, MT: 2018. Disponível em: 6926-Texto do Artigo-24718-1-10-20180929 (1).pdf. Acesso em: 22 out. 2021.

Conceitos Iforms ICF. Disponível em: <https://icfindaiatuba.com.br/> Acesso em: 18 nov. 2021.

JUNIOR, Achilles. **Análise de viabilidade econômica do método construtivo insulated concrete forms para construção de habitações**. Mossoró, RN: 2018. Disponível em: AchillesPBJ_MONO.pdf (ufersa.edu.br). Acesso em: 22 out. 2021.

Manual Técnico iForms ICF. Disponível em: Construtora Manual técnico de construção com iForms ICF.pdf. Acesso em: 24 out. 2021.

MUNARO, Gabriel. **Construção modular: um comparativo entre o método insulated concrete forms (ICF) e o método convencional em bloco cerâmico**. Nova

Xavantina, MT: 2018. Disponível em: https://construacaocivil.info/?wpfb_dl=144. Acesso em: 24 mai. 2021.

OLIVEIRA, Talita. **Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações**. Rio de Janeiro, RJ: 2015. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopolis10014837.pdf>. Acesso em: 20 out. 2021.

CAPÍTULO 25

A ESCOLHA CORRETA DA FUNDAÇÃO PARA UM EDIFÍCIO EM SANTARÉM-PA

*THE CORRECT CHOICE OF THE FOUNDATION FOR A
BUILDING IN SANTAREM-PA*

Fabrício Henrique Silva dos Santos¹
Lauro Sérgio do Amaral Silva²
Marlyson Silveira Borges³

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.25

¹ Centro Universitário da Amazônia, E-mail: fabriciossilva95@gmail.com
² Centro Universitário da Amazônia, E-mail: wtfjhg@gmail.com
³ Centro Universitário da Amazônia, E-mail: Silveira-Borges@hotmail.com

RESUMO

Este artigo elucida os processos a serem seguidos para a escolha do tipo de fundação, salientando a importância do ensaio SPT (Standard Penetration Test), ensaio essencial e primordial e que independe do tamanho da construção. Demonstraremos as vantagens e desvantagens dos principais tipos de fundação profunda do tipo estaca, com ilustrações para demonstrar os métodos de execução. Ao final é apresentado o laudo de sondagem do estudo de caso, a demonstração dos métodos semiempíricos de Decourt & Quaresma (1978) e Aoki & Velloso (1975), as cargas a serem resistidas em cada pilar e os fatores que deixaram evidente a escolha da estaca escavada mecanicamente sem fluido estabilizante como o melhor tipo de fundação para essa construção.

Palavras-chave: Fundação. Estaca. Escolha.

ABSTRACT

This article elucidates the processes to be followed for choosing the type of foundation, stressing the importance of the SPT (Standard Penetration Test), an essential and primordial test that does not depend on the size of the construction. We will demonstrate the advantages and disadvantages of the main types of deep pile-type foundation, with illustrations to demonstrate the execution methods. At the end, the probing report of the case study is presented, the demonstration of the semi-empirical methods of Decourt & Quaresma (1978) and Aoki & Velloso (1975), the loads to be resisted on each column and the factors that made evident the choice of mechanically excavated pile without stabilizing fluid as the best type of foundation for this construction.

Keywords: Foundation. Pile. Choice.

1 INTRODUÇÃO

Para dar começo ao projeto de fundação, você deve de antemão conhecer o terreno, se ele é argiloso, siltoso ou se tem a presença de um solo orgânico. É fácil afirmar que o projeto de fundações se faz mais importante comparados aos demais projetos, pois ele é a base que vai acomodar toda estrutura, transmitindo os esforços vindos das lajes, vias pilares, blocos de coroamento, estacas e assim repassando ao solo. A sondagem do solo se faz essencial na engenharia de fundações, tornando-se quase que um componente, confirmando as camadas de solo presente, evitando assim trincas, desaprumo ou até mesmo colapso da obra. O conhecimento da vizinhança também é de grande importância a ser observado, elencando aqui o auxílio

da internet que nos traz a oportunidade de procurar imagens mais antiga do terreno ou empreendimento para fazer o estudo, trazendo o respaldo ao desenvolver os projetos.

O fator custo benefício sempre será levado em consideração na escolha do tipo de fundação, que se mostre, tecnicamente mais viável e que apresente bom desempenho aliado a segurança exigida, atendendo condições de custos e prazo de execução.

Na obra estudada, optou-se por utilizar estaca escavada mecanicamente, baseando-se em suas vantagens, como: alta produção diária e com baixa vibração ou ruídos, além de ser uma prática menos onerosa comparados aos outros tipos de fundações profundas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Definição segundo a norma 6122/2019

Os tipos de fundação se dividem entre fundações rasas e fundações profundas, neste artigo foi excluído a possibilidade das fundações superficiais por elas não atenderem às métricas propostas por Rebello.

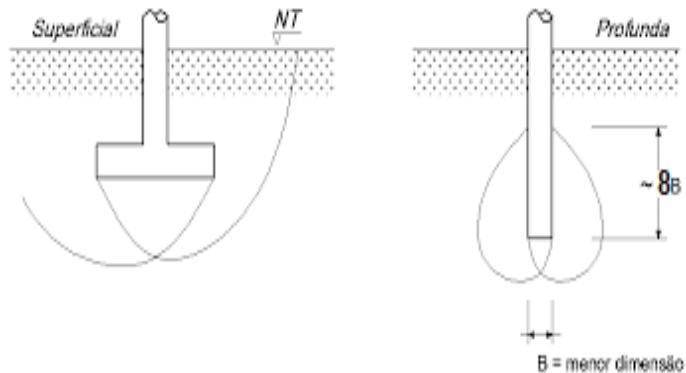
Segundo Rebello (2008), a respeito da escolha por fundações rasas:

Para tal, o número de golpes da sondagem SPT, chamado de *NSPT*, deve ser maior ou igual a 8 com profundidade limite a 2 metros. Como esclarecimento, o primeiro item demonstra a resistência mínima para a escolha de tal fundação, já o limite de profundidade se tem devido aos custos de movimento de terra, que quando ultrapassado, pode inviabilizar economicamente a escolha da fundação como direta.

De acordo com a NBR 6122/2019, fundação profunda é:

Elemento de fundação que transmite a carga ao terreno ou pela base (resistência de ponta) ou por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas, sendo sua ponta ou base apoiada em uma profundidade superior a oito vezes a sua menor dimensão em planta e no mínimo 3,0 m; quando não for atingido o limite de oito vezes, a denominação é justificada. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas e os tubulões.

Figura 1 - Tipos de resistência em cada tipo de fundação.



Fonte: Autor.

2.2 Tipos de fundação profunda

As estacas podem ser divididas quanto ao seu processo executivo, as cravadas (de deslocamento) são feitas com elementos pré-moldados ou existentes anteriormente, no processo de cravação a estaca empurra o solo para o lado criando assim um empuxo passivo, o que contribui para o atrito lateral; e as escavadas (substituição) que são as que tiram o solo para colocar a estaca, nesse caso, o solo perde a característica de confinamento do solo, gerando um empuxo ativo, esse é um fator desfavorável, porém, elas tem um perfeito contato entre o solo e o concreto, o que é benéfico:

De deslocamento, onde estariam as estacas cravadas em geral, uma vez que o solo no espaço que a estaca vai ocupar é deslocado (horizontalmente), e de substituição, onde estariam as estacas escavadas em geral, uma vez que o solo no espaço que a estaca vai ocupar é removido, causando algum nível de redução nas tensões horizontais geostáticas. (VELLOSO, 2010).

Com base na NBR 6122/2019, estaca é elemento de fundação profunda executado inteiramente por equipamentos ou ferramentas, sem que, em qualquer fase de sua execução, haja trabalho manual em profundidade. Os materiais empregados podem ser: madeira, aço, concreto pré-moldado, concreto moldado in loco, argamassa, calda de cimento, ou qualquer combinação dos anteriores.

É importante analisar as características da estaca quanto ao deslocamento de terra, podendo causar um grande deslocamento, pequeno deslocamento ou inexistente.

2.2.1 Estacas metálicas ou de aço

Estaca cravada, constituída de elemento estrutural metálico produzido industrialmente, podendo ser de perfis laminados ou soldados, simples ou múltiplos,

tubos de chapa dobrada ou calandrada, tubos com ou sem costura e trilhos (NBR 6122/2019). São indicadas em solos que existe a necessidade de ultrapassar camadas mais resistentes, como a argila rija ou pedregulho e em locais com camadas de solos moles, onde é possível a diminuição da seção da estaca. O elemento metálico pode ser cravado no solo por percussão, prensagem e por vibração, geram pouco deslocamento de solo, tem facilidade na logística, são boas em combater esforços de compressão, tração, momento fletor e cortante, é possível um alto controle do material e tem sua execução rápida. A sua principal desvantagem é o alto custo. Muito se pensa que a corrosão seja um ponto negativo, mas isso não se prova tão verdade, pois a oxigenação no solo é mais baixa, e diminui com o avanço da profundidade. A norma brasileira NBR 6122/2019 afirma que estacas de aço que estiverem total e permanentemente enterradas, independentemente da situação do lençol d'água, dispensam tratamento especial, desde que seja descontada a espessura de compensação de corrosão em estacas metálicas demonstrados abaixo, na tabela 1.

Tabela 1 – Tabela da espessura de compensação

Classe	Espessura mínima de sacrifício mm
Solos em estado natural e aterros controlados	1,0
Argila orgânica; solos porosos não saturados	1,5
Turfa	3,0
Aterros não controlados	2,0
Solos contaminados ^a	3,2

^a Casos de solos agressivos devem ser estudados especificamente.

Fonte: NBR 6122/2019

Quando possuem um trecho desenterrado, necessita de uma proteção, geralmente feito por uma camisa de concreto.

2.2.2 Estaca Pré-moldada de concreto

As estacas pré-moldadas podem ser de concreto armado ou protendido, vibrado ou centrifugado, com qualquer forma geométrica da seção transversal, devendo apresentar resistência compatível com os esforços de projeto e decorrentes do transporte, manuseio, cravação e eventuais solos agressivos (NBR 6122/2019).

É sabido que as principais vantagens dessa estaca estão no controle de qualidade da sua fabricação, tendo sua inspeção desde o momento de fabricação até o recebimento da matéria prima na obra, e no alto controle de uniformidade de estaqueamento devido ao controle via nega e repique elástico.

Segundo Dantas Neto (2008), o controle da capacidade de carga das estacas pré-moldadas é feito através da determinação da nega. A nega corresponde à penetração permanente da estaca promovida pela aplicação de um golpe do pilão, ou seja, quando atinge o impenetrável. Normalmente é medida através de uma série de dez golpes.

Elas podem ser armadas ou protendidas, adensadas por centrifugação ou por vibração. Deve-se tomar cuidados quanto ao transporte, para que não haja trincas ou quebras na peça, e quanto ao uso em terrenos com presença de matações ou camadas pedregulhosas, devido aos riscos de ruptura por conta dos elevados esforços de cravação (DANTAS NETO, 2008).

Entre as desvantagens da estaca pré-moldada de concreto destaca-se o grande deslocamento de solo; a perda de estacas (em média de 3% a 5% do total); o possível levantamento de estacas vizinhas fazendo com que tenha de ser feito retrabalho; e devido a necessidade de içamento da estaca, torna-se necessário a armação completa da mesma, aumentando assim, o custo total; E ela é ineficaz para atravessar camadas de solo com o SPT alto.

2.2.3 Estaca escavada com fluido estabilizante

São estacas escavadas com uso de fluido estabilizante, que pode ser lama bentonítica para perfuração ou polímeros sintéticos, naturais ou naturais modificados para sustentação das paredes da escavação. A concretagem é submersa, com o concreto deslocando o fluido estabilizante em direção ascendente para fora do furo. As estacas podem ter seções circulares (também denominadas estações), retangulares (também denominadas barretes) ou seções compostas. (NBR 6122/2019). Tem como grandes vantagens a estanqueidade, a penetração em solos com alta resistência e pode atingir grandes profundidades sem causar vibrações a vizinhos.

Uma das funções básicas da lama é criar o cake (película impermeável nas paredes da escavação, formado pela penetração do fluido nos vazios dos solos e devido a sua densidade ser maior que da água, serve como estanque). Caracteriza-se por um custo muito alto e tem necessidade de um grande espaço para manobrar maquinário e para as estações de bombeamento e filtragem. Ela é normalmente usada quando a estaca HCM (hélice continua monitorada) não tem a capacidade de vencer os esforços de momento fletor até os 12 metros.

2.2.4 Estaca escavada com trado mecânico sem fluido estabilizante

São estacas moldadas in loco, por meio da concretagem de um furo executado por trado espiral, que são empregadas onde o perfil do subsolo tem características tais que o furo se mantenha estável sem necessidade de revestimento ou de fluido

estabilizante. A profundidade é limitada à ausência de água durante todo o processo executivo, da perfuração à concretagem (NBR 6122/2019). É um dos tipos de estaca mais econômica, mas com algumas limitações, deve ser concretada no mesmo dia da perfuração, o solo deve ser coesivo e são executáveis apenas acima do nível do lençol freático.

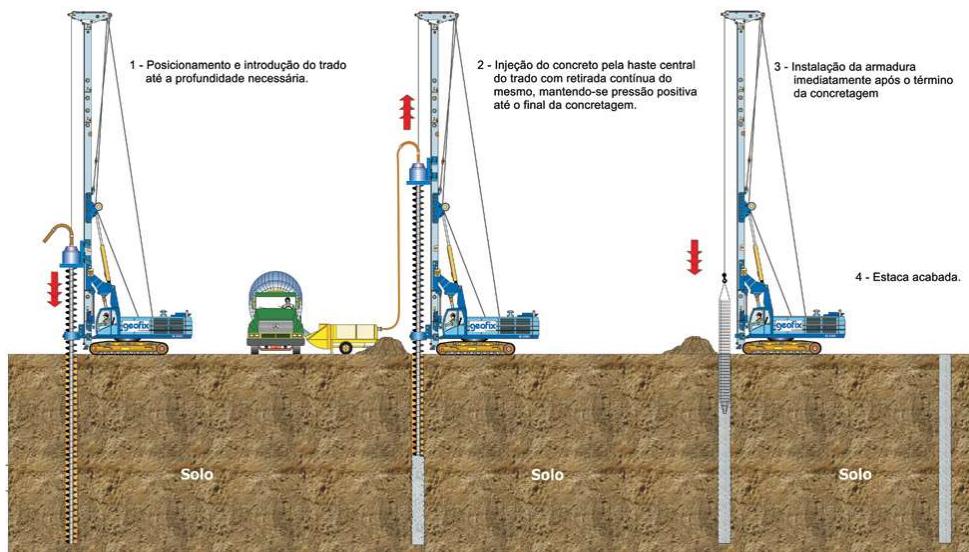
2.2.5 Estaca Hélice Contínua Monitorada

É uma estaca de concreto moldada in loco, executada mediante a introdução no terreno, por rotação, de um trado helicoidal contínuo de diâmetro constante. A injeção de concreto é feita pela haste central do trado simultaneamente à sua retirada. A armadura é sempre colocada após a concretagem da estaca (NBR 6122/2019). Esse tipo de estaca pode ser executado na zona urbana, não causa vibrações, é exequível abaixo do nível do lençol freático, tem alta capacidade de carga e apresenta grande versatilidade.

Por outro lado, é uma estaca que precisa de mão de obra e equipamentos especializados; para cada diâmetro e resistência de solo a ser perfurado existe um torque e uma força de arranque compatível.

Os processos executivo da estaca começa com a locação do furo a ser executado, não deve ser executado estacas com espaçamento inferior a cinco diâmetros em intervalo inferior a 12 horas, leva-se em consideração a estaca de maior diâmetro; Feito isso começa o processo de perfuração, a hélice avança fazendo movimentos rotacionais e com uma velocidade constante até atingir a cota determinada em projeto; Após atingir a cota, ao mesmo tempo que a hélice é retirada do solo, inicia-se o processo de bombeamento de concreto através do tubo central, nessa etapa o operador deve ficar atento nos dados proporcionados pelo equipamento (comprimento da estaca, velocidade de rotação, penetração do trado, extração do trado, pressão do concreto, volume de concreto e superconsumo de concreto, inclinação, etc.), tendo em vista a diminuição ou eliminação de algum defeito de execução; Depois que o concreto atinge o nível do terreno é feita a limpeza das impurezas no topo da estaca e a inserção da armadura(feita imediatamente), a figura 2 abaixo ilustra o processo de execução.

Figura 2 – Método executivo da estaca Hélice Contínua

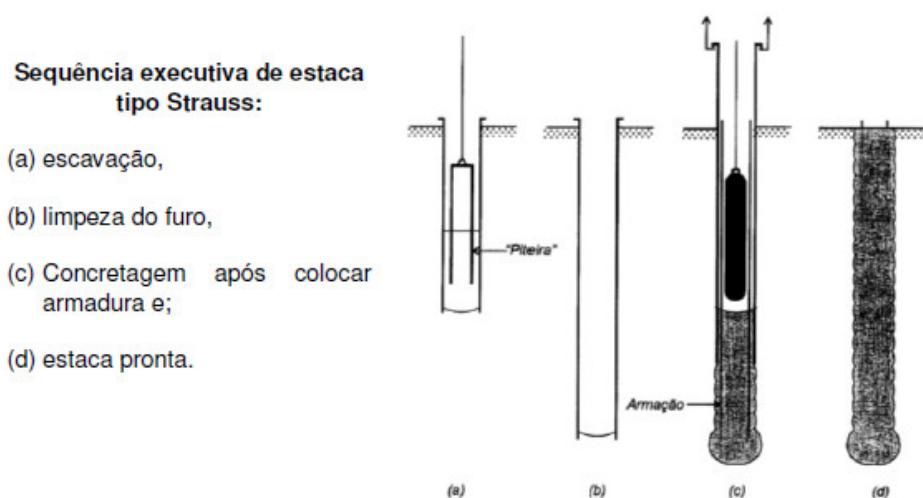


Fonte: <https://pt.linkedin.com/pulse/funda%C3%A7%C3%A3o-solo-geofix-rafael-bergjohann>

2.2.6 Estaca Strauss

Estaca executada por perfuração do solo com uma sonda ou piteira e revestimento total com camisa metálica, realizando-se gradativamente o lançamento e apilamento do concreto, com retirada simultânea do revestimento (NBR 6122/2019). O revestimento com a camisa metálica capacita esse tipo de estaca a ser destinada para os mais variados tipos de solos; boa para solos arenosos, porém, devido a não ser estanque, não é indicado para areias submersas ou para argilas muito moles saturadas. É uma alternativa econômica, e permite a coleta de amostras de solo devido as piteiradas. Em contrapartida, tem baixa capacidade de carga, é equipe dependente e tem a execução lenta (de um a três estacas por dia). Quando submetida a esforços de momento fletor e horizontais pode ser armada, tomando cuidado na escolha de bitolas mais grossas e nos espaçamentos dos estribos para evitar problemas de passagem de concreto. A figura 3 ilustra as etapas de execução de uma estaca Strauss.

Figura 3 - Sequencia executiva estaca Strauss



Fonte: <https://pt.linkedin.com/pulse/funda%C3%A7%C3%B5es-rafael-bergjohann>

2.2.7 Estaca raiz

Estaca armada e preenchida com argamassa de cimento e areia, moldada in loco executada por perfuração rotativa ou rotoperpercussiva, revestida integralmente, no trecho em solo, por um conjunto de tubos metálicos recuperáveis (NBR 6122/2019). É uma estaca extremamente moderna, vem se difundindo no brasil desde 1940, e tem como principal característica a alta capacidade de carga e pelo pequeno recalque que sofre, quando comparada a estacas convencionais.

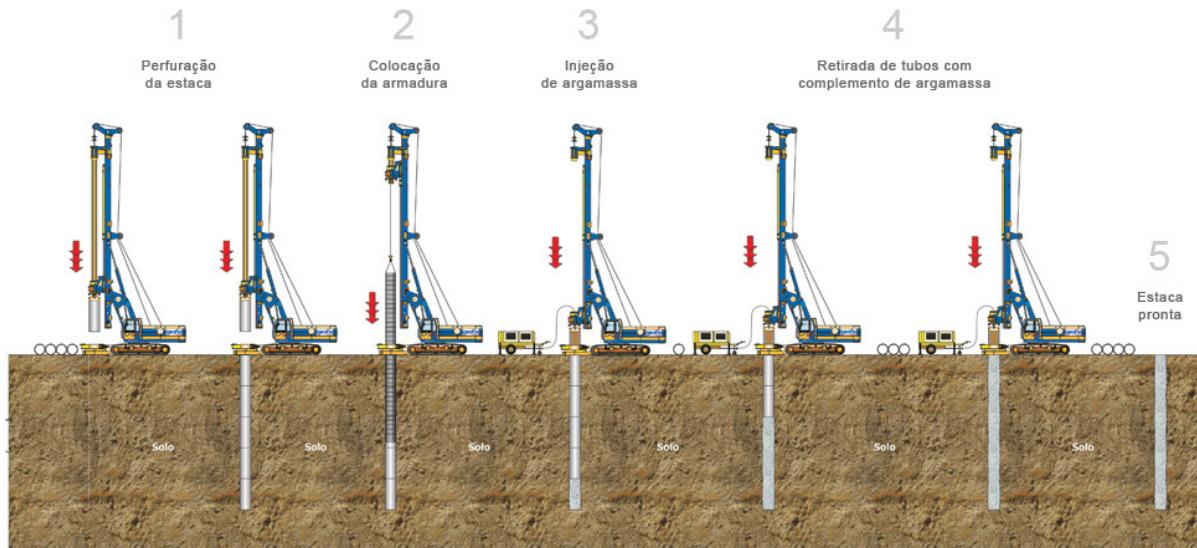
Essas estacas têm particularidades que permitem sua utilização em casos em que os demais tipos de estacas não podem ser empregados: (1) não produzem choques nem vibrações; (2) há ferramentas que permitem executá-las através de obstáculos tais como blocos de rocha ou peças de concreto; (3) os equipamentos são, em geral, de pequeno porte, o que possibilita o trabalho em ambientes restritos; (4) podem ser executadas na vertical ou em qualquer inclinação. Com essas características, as estacas-raiz (e as micro estacas injetadas) praticamente eliminaram do mercado as estacas prensadas (tipo Mega), para reforço de fundações. Velloso e Lopes (2010:224).

Essa técnica é muito interessante em obras de pontes, viadutos e linhas de transmissão, por ser possível executar com inclinação expressivas, que aumenta mais ainda o ganho de carga.

a. Perfuração: utiliza-se normalmente o processo rotativo, com circulação de água ou lama bentonítica, que permite a colocação de um tubo de revestimento provisório até a ponta da estaca. Caso seja encontrado material resistente, a perfuração pode prosseguir com uma coroa diamantada ou, o que é mais comum, por processo percussivo (uso de "martelo de fundo"). b. Armadura: terminada a perfuração, introduz-se a armadura de aço, constituída por uma única barra, ou um conjunto delas, devidamente estribadas ("gaiola"). c. Concretagem: argamassa de areia e cimento é bombeada por um tubo até a ponta da estaca. A medida que a argamassa sobe pelo tubo de revestimento, este é concomitantemente reti-

rado (com o auxílio de macacos hidráulicos), e são dados golpes de ar comprimido (com até 5kgf/cm²), que adensam a argamassa e promovem o contato com o solo (favorecendo o atrito lateral).

Figura 4 - Método executivo estaca raiz.



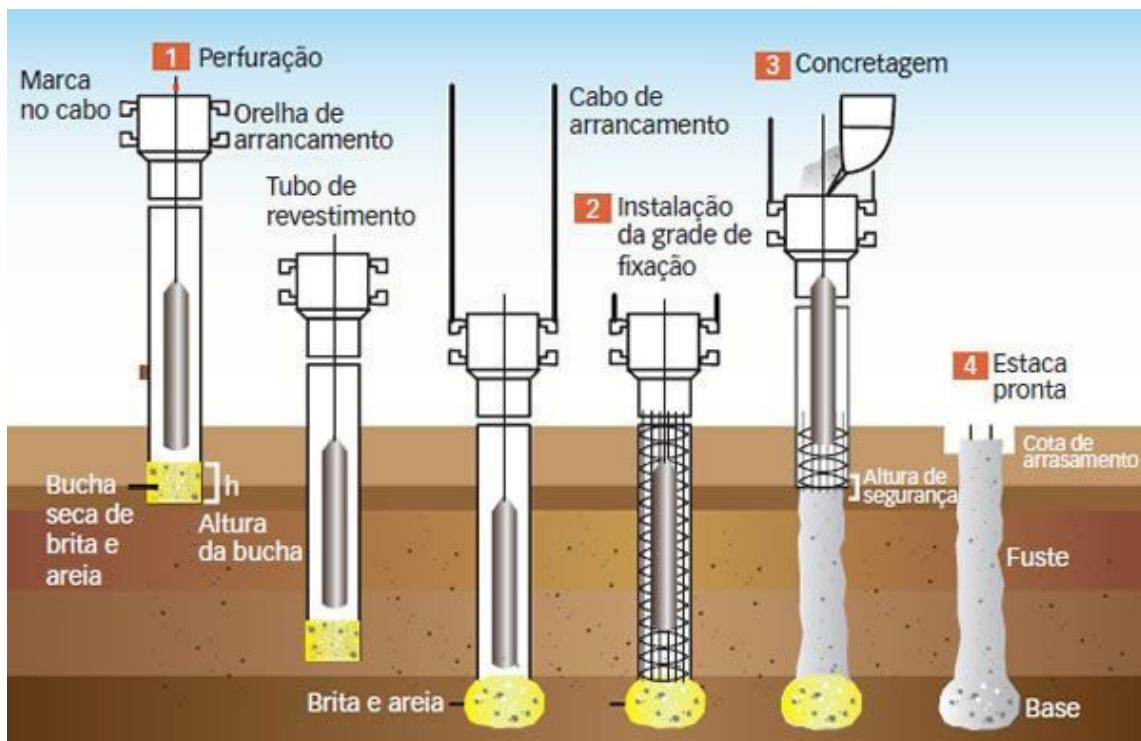
Fonte: <http://www.geofix.com.br/servico-estaca-raiz.php>.

2.2.8 Estaca Franki

Estaca moldada in loco executada pela cravação, por meio de sucessivos golpes de um pilão, de um tubo de ponta fechada por uma bucha seca constituída de pedra e areia, previamente firmada na extremidade inferior do tubo por atrito. Esta estaca possui base alargada e é integralmente armada (NBR 6122/2019). As principais vantagens desse tipo de fundação é a grande capacidade de carga obtida pelo alargamento de sua base, capacidade de aliar o empuxo passivo com o perfeito contato entre solo e estaca e elas são exequíveis abaixo do lençol freático por ter como característica ser estanque.

As estacas tipo Franki tem uma baixa velocidade de execução, de dois a três estacas por dia, e devido ao seu processo de execução não são recomendadas para obras situadas em áreas urbanas, pois as construções vizinhas podem não suportar as grandes vibrações produzidas, além de influenciar diretamente os solos com menos resistência presente naquela área.

Figura 5 – Método de execução da estaca Franki.



Fonte: <https://pt.linkedin.com/pulse/funda%C3%A7%C3%B5es-rafael-bergjohann>

2.2.9 Sondagem

O SPT, Standard Penetration Test, é uma sondagem de simples reconhecimento do solo, tem a função de fornecer a identificação do perfil do terreno, classificação do solo, nível do lençol freático, e o índice de resistência NSPT, que representa resistência à penetração medido em cada metro do solo.

Segundo a NBR 6484/2020, nas sondagens SPT utiliza-se um amostrador do tipo Terzaghi-Peck, com diâmetro interno de 34,9 mm e diâmetro externo de 50,8 mm. Para efetuar a cravação do amostrador, um martelo de 65 kg é elevado a uma altura de 75 cm acima do topo da cabeça de bater, e em seguida é deixado cair livremente. Então se anota o número de golpes necessários para cravação de cada 15 centímetros do amostrador, perfazendo um comprimento total cravado de 45 centímetros. Este procedimento é realizado a cada metro de profundidade ao longo do furo de sondagem. O principal resultado do ensaio SPT é o índice de resistência à penetração (NSPT), que consiste no somatório correspondente aos últimos 30 cm do amostrador. Nos casos em que não ocorre a penetração dos 45 cm do amostrador padrão, os resultados são apresentados sob a forma de frações ordinárias.

Fundações bem projetadas correspondem de 3% a 10% do custo total do edifício; porém, se forem mal concebidas e mal projetadas, podem atingir 5 a 10 vezes o

custo da fundação mais apropriada. Toda essa economia depende principalmente de um estudo completo do subsolo. Britto (1987).

Todo projeto de fundação exige o laudo de sondagem, ele é o responsável em dar todas as informações necessárias para o correto cálculo de fundação.

Segundo Velloso e Lopes (2011):

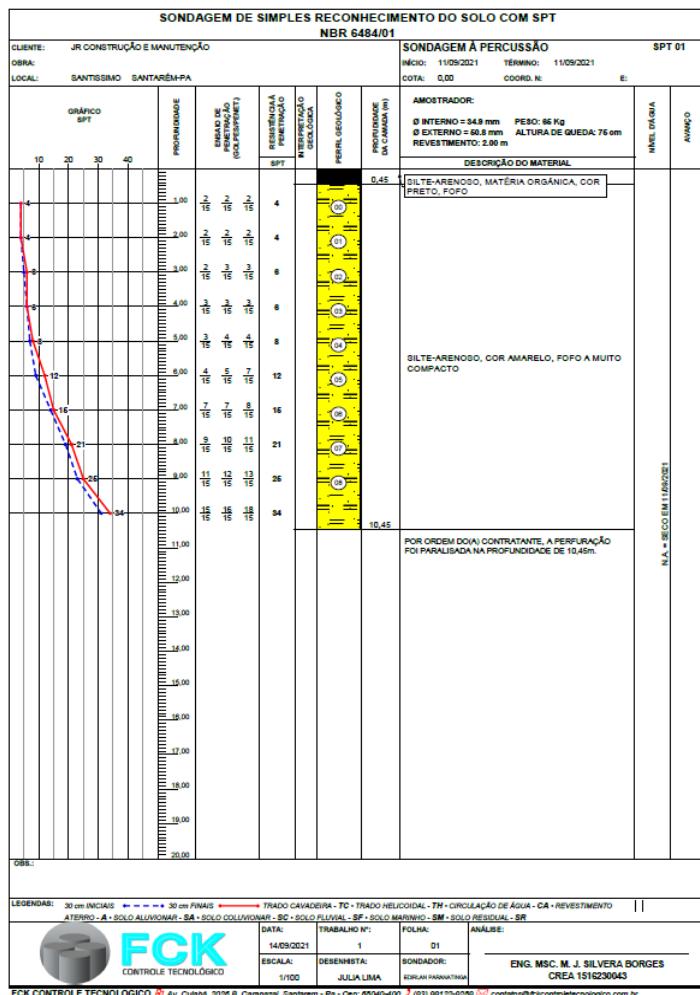
uma boa elaboração e análise de projetos de fundação passam por uma boa sondagem do solo, sendo que essa é a primeira e também a principal ação a ser feita antes da escolha do processo a ser utilizado no projeto. Para que diante dos resultados encontrados no estudo de solo possa se determinar o tipo de fundação do projeto. Na grande maioria dos casos, as informações sobre as características do subsolo do terreno sobre o qual será executada a edificação são obtidas por meio de sondagens de simples reconhecimento (SPT – Standard Penetration Test). Dependendo do grau de responsabilidade e do porte da obra, se as informações obtidas pelo SPT não forem satisfatórias, outros tipos de pesquisas podem ser executados, como por exemplo, ensaio de penetração do cone (CPT) e ensaio de palheta (Vane-Test).

3 METODOLOGIA

3.1 Estudo de caso

Este artigo aplica os procedimentos de escolha para uma fundação profunda do tipo estaca para uma obra de cinco pavimentos situada em Santarém-PA. O primeiro passo a se fazer para determinar a melhor escolha do tipo de estaca é analisar o laudo de sondagem (figura 7):

Figura 7 – Resultado da sondagem a percussão



Fonte: Relatório de Sondagem a Percussão da obra Edifício Resplendor

Após a leitura do laudo, deve-se guardar as informações mais relevantes para ajudar na escolha do melhor tipo de fundação. Levando esses dados em consideração, é possível descartar grande parte das alternativas de fundação, deixando assim algumas poucas escolhas para serem aprovadas pelos métodos semiempíricos de Aoki & Velloso e Decourt & Quaresma.

3.2 Método Aoki & Velloso

Para o cálculo de um elemento de fundação, Aoki-Velloso (1975) estima que deve ser calculado pela seguinte fórmula semiempírica:

$$R = \frac{K * NP}{F1} * AP + \frac{U}{F2} \sum_{i=1}^n (\alpha * K * NL * \Delta L)$$

Onde:

R= Capacidade de carga;

K= Coeficiente do tipo de solo;

NP= Índice de resistência à penetração na cota de apoio da ponta da estaca;

F1 e F2= Fatores de correção;

AP= Área da seção transversal da estaca;

U= Perímetro da seção transversal da estaca;

α = Coeficiente de razão de atrito;

NL= Índice de resistência à penetração médio na camada de solo de espessura ΔL ;

ΔL = Espessura da camada de solo.

O coeficiente (K) e o coeficiente (α) segue a Tabela 2, e os fatores de correção (F1) e (F2) tem que ser de acordo com a Tabela 3.

Tabela 2 - Coeficiente K e razão de atrito α :

Solo	K(Mpa)	α (%)
Areia	1	1,4
Areia siltosa	0,8	2
Areia siltoargilosa	0,7	2,4
Areia argilosa	0,6	3
Areia argilosiltosa	0,5	2,8
Silte	0,4	3
Silte arenoso	0,55	2,2
Siltearenosoargiloso	0,45	2,8
Silte argiloso	0,23	3,4
Silteargiloarenoso	0,25	3
Argila	0,2	6
Argila arenosa	0,35	2,4
Argila arenossiltosa	0,3	2,8
Argila siltosa	0,22	4
Argila siltoarenosa	0,33	3

Fonte: Aoki e Velloso (1975).

Tabela 3 - Fatores de correção F1 e F2

Tipo de estaca	F1	F2
Franki	2,5	2F1
Metálica	1,75	2F1
Pré-moldada	1+D/0,80	2F1
Escavada	3	2F1
Raiz, Hélice continua e Ômega	2	2F1

Fonte: Aoki e Velloso (1975).

3.3 Método Décourt-Quaresma

Iniciamos a explanação sobre este método pela equação:

$$R = \alpha * C * NP * AP + \beta * 10 * \left(\frac{NL}{3} + 1 \right) * U * L$$

Em que:

C = coeficiente característico do solo;

α = fator em função do tipo de estaca e solo;

β = fator em função do tipo de estaca e solo (obtido através das tabelas a seguir);

U = perímetro da estaca;

Ap = área da ponta;

L = comprimento da estaca;

Np = NSPT atuante na ponta da estaca;

Nl = média do SPT atuando ao longo de toda a estaca.

Tabela 4 - de coeficiente do solo:

Tipo de Solo	(tf/m ²)
Argilas	10
Silte argiloso (alt. de rocha)	12
Silte arenoso (alt. de rocha)	14
Areias	20

Fonte: Décourt e Quaresma (1978)

Tabela 5 - Tipo de estaca

Tipo de solo	Cravada	Escavada em geral	Escavada C/ (bentonita)	Hélice Continua	Raiz	Injetada sob alta pressões
Solo	α	β	α	β	α	β
Argilas	1	1	0,85	0,8	0,85	0,9
Solos**	1	1	0,6	0,65	0,6	0,75
Areias	1	1	0,5	0,5	0,5	0,6

*valores apenas indicativos diante do reduzido número de dados disponíveis

**Solos intermediários.

Fonte: Décourt e Quaresma - estendido

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

Levando em consideração a baixa resistência do solo nos 2 primeiros metros, descartou-se a possibilidade de fundações superficiais. Por se tratar de uma obra em zona urbana, sem a presença do nível de água no ensaio de sondagem, do solo ganhar boa resistência com a profundidade, a cidade não ter equipes especializadas e só ter maquinário para os tipos mais comuns de fundação, fica nítido a determinação da estaca escavada mecanicamente sem fluido estabilizante como melhor solução para este caso. Com o diâmetro de Ø4000mm e uma profundidade de 8 metros, ela satisfaz com segurança os esforços exigidos pela estrutura, isso é confirmado por meio dos resultados obtidos pelos métodos semiempíricos de Decourt & Quaresma e Aoki & Velloso. Obtivemos valores diferentes nos cálculos realizado entre os dois métodos, e optou-se por utilizar o menor valor, pois o fator segurança é essencial na geotecnia.

A tabela 6: Carga em cada pilar, resistência admissível pelos métodos semiempíricos e números de estacas

Pilar	Cargas máximas dos pilares e quantidade de estacas necessárias		
	Carga Máxima	Radmm(Tf)	Número de estacas
P1	24,65	53,6	1
P2	39,43	53,6	1
P3	26,51	53,6	1
P4	122,03	53,6	3
P5	113,45	53,6	3
P6	43,57	53,6	1
P7	39,75	53,6	1
P8	43,71	53,6	1
P9	43,52	53,6	1
P10	66,22	53,6	2
P11	56,69	53,6	2
P12	21,86	53,6	1
P13	26,99	53,6	1
P14	21,51	53,6	1

Fonte: autor

REFERÊNCIAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas- NBR 6122/2019 - Projeto e Execução de Fundações.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas- NBR 6484/2020 – Sondagem de simples reconhecimento dos solos - Método de ensaio.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. Fundações. 3. Ed. – Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ,2002.

DÉCOURT, Luciano; QUARESMA, Arthur Rodrigues. **Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT**. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações. 1978. p. 45-54.

BERBERIAN, Dickran. **Sondagens e Ensaios In Situ para Engenharia**. 2012.

ERBERIAN, Dickran. **Engenharia de fundações passo a passo**. 2017.

CAPÍTULO 26

ANÁLISE PATOLÓGICAS EM UMA GARAGEM NO SUBSOLO DE UM CONDOMÍNIO MULTIFAMILIAR LOCALIZADO NA CIDADE DE SANTARÉM - PARÁ

*PATHOLOGICAL ANALYSIS IN A GARAGE IN THE
BASEMENT OF A MULTIFAMILY CONDOMINIUM
LOCATED IN THE CITY OF SANTARÉM - PARÁ*

Claudio Dornelis de Freitas Cardoso¹
Luan Silva Brito de Menezes²
Rafael Bianor Del Vecchio Paiva³

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.26

¹ Claudioredornelis.engcivil@hotmail.com, <http://lattes.cnpq.br/0473879230194788>
² Lu4nmnezes@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/0413794786978126>
³ rafaelbdvp@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/4467065777141003>

RESUMO

Patologias na construção civil podem ser entendidas como doenças que comprometem a estrutura em relação a sua estabilidade, estética e principalmente durabilidade. São diversos os tipos de patologias que podemos encontrar em uma edificação, porém as manifestações patológicas mais presentes na maioria das edificações é a infiltração, através dela ocasiona o aparecimento de bolores, efflorescência, fissuras, desgaste no concreto e oxidação. O trabalho é uma pesquisa de cunho descritivo e explicativo com o intuito de identificar e estudar as manifestações patológicas estruturais em um edifício residencial em Santarém - Pará. Após análise, realizou-se o mapeamento de incidência por área de acordo com cada manifestação patológica encontrada, as anomalias foram catalogadas e transformadas em percentuais e apresentados por meio de gráfico. Por fim, foi discutido sobre qual parte da área analisada apresentou maior incidência, e apresentadas possíveis soluções para as anomalias identificadas.

Palavras-chave: Patologias. Infiltração. Soluções.

ABSTRACT

Pathologies in civil construction can be understood as diseases that compromise the structure in relation to its stability, aesthetics and especially durability. There are several types of pathologies that we can find in a building, but the most present pathological manifestations in most buildings is infiltration, through which causes the appearance of mold, efflorescence, cracks, concrete wear and oxidation. The work is a descriptive and explanatory research aiming to identify and study the structural pathological manifestations in a residential building in Santarém - Pará. After analysis, the mapping of incidence by area was carried out according to each pathological manifestation found, the anomalies were catalogued and transformed into percentages and presented by means of a graph. Finally, it was discussed which part of the analyzed area presented the highest incidence, and possible solutions for the identified anomalies were presented.

Keywords: Pathologies. Infiltration. Solutions

1 INTRODUÇÃO

A ciência da patologia das construções pode ser entendida como o ramo da engenharia que estuda os sintomas, causas e origens dos vícios construtivos que ocorrem na construção de edificações. A partir do estudo das fontes dos vícios, é

possível de se evitar que a ocorrência de problemas patológicos se torne algo comum nas edificações modernas (DO CARMO, 2003).

É necessário entender que antes de aplicar as medidas profiláticas na estrutura, deve-se compreender como foram geradas e desenvolvidas as patologias na estrutura da edificação, e esclarecer as suas devidas causas. A compreensão das origens da deterioração é indispensável, não apenas para que se possa realizar a melhor medida corretiva, mas para se garantir que, após reparada, a estrutura não volte a deteriorar. (MAZER, 2008)

Dentre as diversas patologias pode ser citada a manifestação patológica relacionada a infiltração. Essa manifestação pode ser detectada através do aparecimento de manchas, mofo ou bolor, fissuras, e entre outros. Mas o local de surgimento dessa anomalia não é necessariamente seu ponto de origem, por isso apenas uma constatação visual não é suficiente, sendo necessário um estudo e métodos mais apurados, como a utilização de termografia infravermelha. (SENA, 2020)

A relevância do estudo de patologias, envolve muito mais do que apenas a satisfação do cliente na entrega do produto. O custo benefício, planejamento de projeto, materiais, execução, manutenção, dentre outros, são fatores que estão interligados dentro de uma obra como um todo. A manutenção, nem sempre é um fator levado em conta nos projetos a longo prazo e pode acarretar problemas no futuro.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Patologia em estrutura de concreto armado

Por muito tempo o concreto foi considerado um material extremamente durável, porém a deterioração precoce de estruturas recentes remete aos porquês das patologias do concreto (BRANDÃO & PINHEIRO, 1999).

De acordo com Verçosa (1991), a umidade pode ser uma causa direta de anomalias, mas também pode ser um fator adicional que se faz necessário para que ocorra outros tipos de manifestações patológicas nas construções. Segundo o autor, as umidades nas construções são as seguintes: trazidas durante a construção, na falta de impermeabilização, trazidas por capilaridade, resultantes de vazamentos em redes hidráulicas, condensação e infiltrações por intempéries.

2.2 Causa das patologias

As patologias são motivadas, geralmente, por falhas no planejamento anterior à construção. Também podem ocorrer na realização de uma ou mais tarefas durante

a execução da obra, ou posteriormente, quando a construção é finalizada e entregue ao proprietário, destaca o autor.

O processo de construção pode ser dividido em três etapas bem definidas: concepção do projeto (que engloba a parte de planejamento, cálculos, desenhos, decisão sobre o tipo de material a ser usado e a sua qualidade), execução (realização das tarefas de acordo com o cronograma da obra) e utilização e manutenção (deve ser coerente com o que foi projetado).

A quadro a seguir exemplifica a relação destas causas e suas consequências para a construção:

Quadro 1- Causas das Manifestações Patológicas

Causas	Consequências
Concepção do projeto	Durante a fase de concepção, pode-se dizer que a edificação é gerada, sendo base para todo o restante do processo construtivo, sendo uma das etapas mais importantes à contribuição do não surgimento de problemas patológicos. Na fase de concepção serão definidas as características esperadas dos produtos empregados na construção, as condições de exposição previstas para o ambiente exterior, o comportamento em uso projetado do edifício construído, e principalmente a viabilidade da construção (PINA, 2013).
Escolha e especificações de materiais.	A relatividade em questão de qualidade dos materiais, fez com que o Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO), criasse um certificado para atestá-los. Portanto devesse averiguar, antes do início da obra, os requisitos de qualidade que constam na norma acerca dos materiais, e estes, devem ser atestados durante o processo de construção, destaca Isaia (2010).
Execução do Projeto.	<p>Na área da construção civil, a falta de capacitação da mão de obra, a má execução do projeto bem como o uso de materiais de baixa qualidade, causam patologias durante a fase da construção e outras que se manifestam após a entrega do produto edificação (PINA, 2013).</p> <p>As falhas estruturais, em sua maioria, se relacionam com a baixa qualificação de mão-de-obra. Isaia (2010).</p> <p>Dito isso, é evidente a necessidade de treinamento dos operários, tendo em vista que a relação custo benefício é relativamente boa, o treinamento de equipes para a execução de serviços específicos do processo, agiliza e otimiza a perda de materiais (SILVEIRA et al., 2002).</p> <p>Para Couto (2007), a falta de uma fiscalização eficiente e um fraco comando de equipes, podem, com facilidade, levar a falhas graves em determinadas atividades como, escoramentos, fôrmas, posicionamento e qualidade das armaduras, qualidade do concreto, entre outras.</p>

Utilização e manutenção.	<p>A NBR 5674 define manutenção como o conjunto de atividades a serem desempenhadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional de uma edificação e de suas partes constituintes de forma a atender as necessidades e segurança dos usuários.</p> <p>As manifestações patológicas que surgem durante a fase de uso da edificação, normalmente são decorrentes da má utilização e falta de manutenção da edificação por parte do usuário, porém, não se pode inibir os empreendedores e responsáveis técnicos pela estrutura, pois por falta de cartela à profissão, é comum que não haja a formulação de manuais de uso e manutenção das edificações, fator que auxilia o surgimento de problemas (DAL MOLIN, 1988).</p>
---------------------------------	---

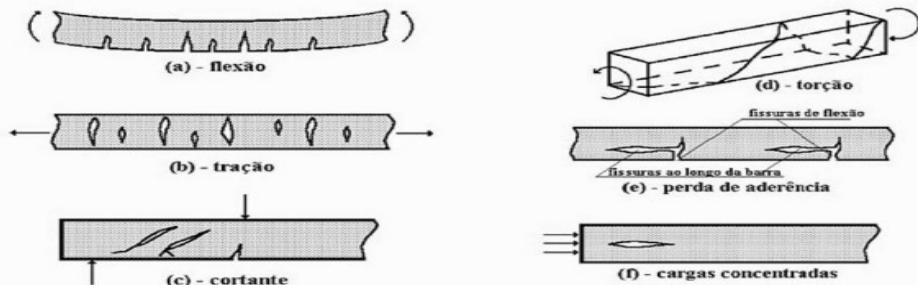
Fonte: Os autores, 2021

Helene (1997) e Isaia (2010) estão alinhados no que diz respeito as patologias que se manifestam tanto nas etapas de execução de uma obra, como no período pós entrega e uso da edificação, para ambos o processo construtivo envolve etapas de planejamento, projeto, escolha e especificação de materiais, execução e uso.

2.3 Fissuras

Fissuras são aberturas na estrutura de concreto, causadas pela retração do mesmo, seja ela de forma plástica ou térmica, pela expansão devido a reações químicas ou por tensões de tração devido ao carregamento da estrutura (figura 01), essa última ocorre quando as tensões são maiores que a capacidade resistente do concreto.

Figura 01 - Configurações genéricas de fissuras em função do carregamento



Fonte: SOUZA e RIPPER,1998

As fissuras por retração têm o principal mecanismo da retração a perda de água através de evaporação. Vale frisar a importância de observar a relação da estrutura com o meio ambiente no qual se encontra no período da concretagem, pois fatores como elevadas temperaturas, baixo teor de umidade do ar e incidência direta de ventos acabam sendo prejudiciais ao endurecimento do concreto, podendo ocasionar o surgimento de fissuras por retração. (SENA, 2020)

2.4 Problemas devido infiltração

Infiltração é um processo de vazamento da água proveniente de meios externos ou encanamentos para a superfície revestida através de fissuras, má impermeabilização ou a própria capacidade de absorção do material. E devido a infiltração presente na estrutura pode acarretar diversas sintomatologias como oxidação do aço, lixiviação, bolor, falha no concreto e etc.

2.4.1 Oxidação

A deterioração do concreto com o passar do tempo é um fenômeno normal devido ao envelhecimento da estrutura, o cobrimento mínimo segundo a NBR 6118 não é executado adequadamente, a espessura insuficiente faz com que os agentes agressores cheguem até a armadura de maneira precoce acarretando o aumento da seção da armadura, consequentemente causa a desagregação dos materiais, isso faz com que empurre parte da superfície do componente, gerando a corrosão das armaduras do concreto. (FERREIRA, 2016)

Figura 02 - Viga sofrendo oxidação



Fonte: EPEC, 2018

A oxidação das armaduras (figura 02) segundo Sena et al (2020) é um dos processos degradantes com maior incidência nas estruturas de concreto armado, isso se dá devido ao um conjunto de fatores que tornam o ambiente favorável à essa corrosão, são eles: presença de água, de ar, área anódica, área catódica, um condutor metálico (armadura) e um eletrólito.

2.4.2 Desgaste do concreto

Segundo Silva (2011), a abrasão consiste no desprendimento do material superficial devido ao arraste, fricção ou atrito causado pela passagem de pessoas, veículos, ou até mesmo por partículas carregadas pelo vento. A ocorrência com maior frequência em lugares de intensa circulação de pessoas e grande tráfego. A magni-

tude da perda das partículas depende de vários fatores tais como: baixa resistência do concreto, exsudação excessiva, cura inadequada e até mesmo ao ataque químico de agentes agressores.

Outro fator para o desgaste do concreto é a erosão que se dá pelo movimento de fluídos ar ou água, os quais agem sobre a superfície do concreto de modo a desgasta-la devido à colisão que esta sofre das partículas em suspensão. Em geral, ocorre em pilares de pontes, canais de irrigação, tubulações e vertedouros. (TRINDADE, 2015)

2.4.3 Lixiviação e eflorescência

A lixiviação é indesejável por causar perda de resistência do concreto, ao aumentar a porosidade do concreto, e por razões estéticas. Quando o produto da lixiviação interage com o gás carbônico (CO_2) presente no ar, ele resulta na precipitação de crostas brancas (figura 03) de carbonato de cálcio da superfície, as eflorescências.

Figura 03 - Lixiviação formando eflorescência



Fonte: SANTOS, 2017

Neste caso, a eflorescência surge a partir da lixiviação, que são manchas brancas que se formam na superfície das estruturas de concreto e são ocasionadas devido à solubilidade do hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) presente no concreto na presença de umidade formando uma carbonatação (CaCO_3), devido à evaporação da água e reações do Ca(OH)_2 com o CO_2 . (SENA, 2020)

2.4.4 Bolor

O bolor é formado por colônias de fungos filamentosos, o seu surgimento na estrutura de concreto se dá devido a temperatura, o ph e a umidade. Para se proliferarem, precisam do perfeito ambiente com umidade elevada, que pode ser dado através de umidade na obra, infiltrações umidade proveniente de vazamentos, ambientes com pouca ventilação e baixa incidência de radiação. (SENA, 2020)

Figura 04 - Bolor na estrutura de concreto



Fonte: Meia colher, 2013

A presença do bolor na estrutura indica um elevado teor de umidade, e presença de organismos vivos, conforme visto na figura 04, trazendo uma degradação produzida por vegetações que crescem através de pequenas fissuras e juntas de dilatação, além de também pode trazer problemas mais graves como corrosão da armadura. (SENA, 2020)

2.5 Problemas devido à falta de Impermeabilização

A umidade representa um dos problemas mais comuns nas edificações de concreto armado. A frequência de incidência e as causas de problemas patológicos nos sistemas prediais hidráulico-sanitários têm sido ainda pouco pesquisadas, tal fator ocorre por demandar recursos onerosos, longos períodos de observação, ensaios in situ e de laboratório, simulações e testes destrutivos em escala real em edificações existentes dentre outros, para que os dados resultantes sejam considerados consistentes (GNIPPER; MIKALDO JR, 2007).

Conforme Souza “Os defeitos e falhas decorrentes da impermeabilização na construção civil, são ocasionados pela penetração de água nos componentes do edifício ou devido à formação de manchas de umidade e bolor” (SOUZA, 2008, p. 08).

3 METODOLOGIA

Este trabalho delimita-se em identificar e estudar patologias estruturais em um edifício residencial em Santarém – Pará. A pesquisa é classificada como teórica e explicativa onde serão analisadas as principais patologias encontradas, e após identificadas as causas, as medidas profiláticas e possíveis intervenções para a estrutura, serão apresentados os resultados com embasamento teórico e por projeto.

A pesquisa foi realizada nas seguintes etapas: pesquisa bibliográfica; visita técnica ao local onde será realizado o estudo para o levantamento das patologias e

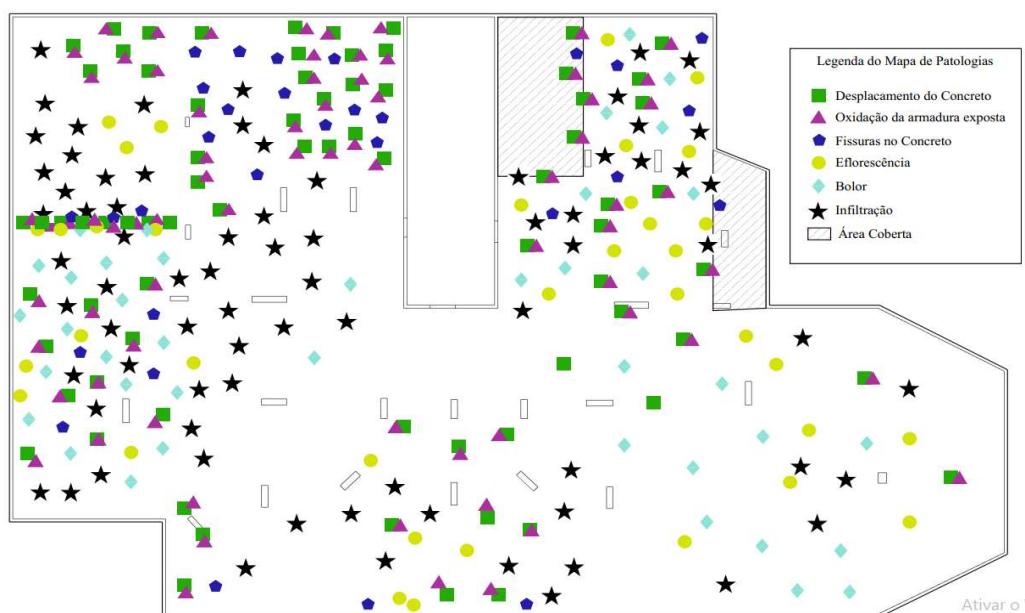
coleta de dados; registro fotográfico identificando as principais patologias; aferição das medidas do espaço; e medidas de intervenção com embasamento teórico;

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Identificação de manifestações patológicas em visitas técnicas

Durante as primeiras visitas foram feitas as medições in loco para produção da planta baixa do local, além também da realização do registro fotográfico para que assim pudesse ser feita a análise de todas as manifestações patológicas encontradas. Após a elaboração da planta baixa, pôde-se fazer um mapeamento (Figura 05) conforme o tipo e provável causa geradora do defeito a fim de sistematizar a análise dos dados.

Figura 05 - Levantamento quantitativo de patologias catalogadas na edificação



Fonte: Os autores, 2021

O mapeamento foi catalogado de acordo com cada anomalia, a legenda da figura 6 mostra como foi a distinção de cada manifestação patológica no decorrer do processo de mapeamento, partir da interpretação do mapa foi possível delimitar as áreas afetadas pelas patologias para que assim houvesse a quantificação de todas as patologias presentes no ambiente, para facilitar a compreensão do mapa foram utilizadas geometrias para mapear cada ponto onde se encontra cada anomalias como oxidação, infiltração e etc. Estas anomalias atuam por toda a extensão do subsolo, porém o lugar mais afetado onde se encontra a maior parte das patologias é por toda extensão da laje.

4.2 Descrição das manifestações patológicas

As manifestações patológicas encontradas na garagem do subsolo do condomínio são fissuras, infiltrações, oxidação, desgaste do concreto, eflorescência e bolor, essas manifestações são decorrentes em toda extensão do pano da laje da edificação. A descrição de cada manifestação patológica presente no local está presente nos quadros a seguir.

Quadro 02 - Manifestações patológicas: fissura.

Fissura	Descrição
	A abertura da fissura é abordada na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 6118:2014 como situação normal em elementos de concreto, porém, deve se garantir que as aberturas não ultrapassem espessuras máximas em relação a classe de agressividade ambiental.
Possíveis causas	Causadas pela retração de forma plástica ou térmica, pela expansão devido a reações químicas ou por tensões de tração devido ao carregamento da estrutura.
Solução	O controle da fissuração pode ser realizado por meio da limitação de abertura estimada de fissura.

Fonte: Os autores, 2021.

As fissuras possuem três características geométricas a serem analisados: abertura, comprimento e profundidade.

Quadro 03 - Manifestações patológicas: infiltração.

Infiltração	Descrição
	É revestida através de fissuras, má impermeabilização ou a própria capacidade de absorção do material.
Possíveis causas	Devido a infiltração presente na estrutura pode acarretar sintomatologias como a oxidação do aço, lixiviação, bolor e falha no concreto.
Solução	Impermeabilização.

Fonte: Os autores, 2021.

Infiltração é um processo de vazamento da água proveniente de meios externos ou encanamentos para a superfície, pode ser solucionada por meio de imper-

meabilização com manta asfáltica corrigindo qualquer tipo de irregularidades que possam existir ou impermeabilizantes argamassas poliméricas resultado de mistura entre polímeros acrílicos e cimento.

Quadro 04 - Manifestações patológicas: oxidação.

Oxidação	Descrição
	A oxidação das armaduras segundo Sena et al (2020) é um dos processos degradantes com maior incidência nas estruturas de concreto armado.
	Possíveis causas
	Presença de água, de ar, área anódica, área catódica, um condutor metálico (armadura) e um eletrólito (solução aquosa existente no concreto).
	Solução
	Viabilizam-se os procedimentos de eliminação da corrosão baseados em limpeza rigorosa, utilizando lixas e mesmo jatos de areia ou limalhas.

Fonte: Os autores, 2021.

A oxidação ocorre devido a um conjunto de fatores que tornam o ambiente favorável à corrosão da armadura. O procedimento padrão para a recuperação das áreas contaminadas por corrosão das armaduras consiste em retirar todo o concreto deteriorado até que se obtenha a exposição completa de uma superfície do concreto sã e íntegra.

Quadro 05 --Manifestações patológicas: desgaste do concreto.

Desgaste do concreto	Descrição
	Segundo Silva (2011), a abrasão consiste no desprendimento do material superficial devido ao arraste, fricção ou atrito causado pela passagem de pessoas, veículos, ou até mesmo por partículas carregadas pelo vento.
	Possíveis causas
	A magnitude da perda das partículas depende de vários fatores tais como: baixa resistência do concreto, exsudação excessiva, cura inadequada e até mesmo ao ataque químico de agentes agressores.
	Solução
	Limpar a área, criar uma superfície aderente e formar arestas retas. Aplicar sobre toda a armadura, com pincel, uma camada de um produto inibidor de corrosão. A superfície deve estar resistente, rugosa, limpa e isenta de partículas soltas, pintura ou óleos que impeçam a aderência do produto.

Fonte: Silva (2011).

Fonte: Os autores, 2021.

O desgaste do concreto ocorre com maior frequência em lugares de intensa circulação de pessoas e grande tráfego. Após o diagnóstico, escolhe-se a argamassa que melhor atenda às necessidades da obra.

Quadro 06 - Manifestações patológicas: eflorescência.

Eflorescência	Descrição
	Como a água é proveniente da condensação de neblina, vapor ou da chuva podem conter concentração de íons de cálcio denominada água pura.
	Possíveis causas
	São ocasionadas devido à solubilidade do hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) presente no concreto na presença de umidade formando uma carbonatação (CaCO_3), devido à evaporação da água e reações do $\text{Ca}(\text{OH})_2$ com o CO_2 . (SENA, 2020).
	Solução
	Utilização de materiais impermeabilizantes sobre substratos com argamassa de revestimento sem cal.

Fonte: Sena et al (2020).

Fonte: Os autores, 2021.

A lixiviação é o processo de dissolução e remoção dos componentes hidratados da pasta de cimento. A eflorescência surge a partir da lixiviação, que são manchas brancas que se formam na superfície das estruturas de concreto. Em casos simples é

possível remover os depósitos salinos com uma limpeza com ácido acético. Contudo, dependendo do nível de degradação, pode ser necessário recompor a estrutura.

Quadro 07 - Manifestações patológicas: bolor.

Bolor	Descrição
	A sua presença na estrutura indica um elevado teor de umidade, e presença de organismos vivos.
	Possíveis causas
	O seu aparecimento na estrutura de concreto se dá devido a temperatura, o ph e a umidade.
	Solução
Fonte: ALUCCI & FLAUZINO& MILANO (1985).	Garantir uma ventilação, iluminação e insolação adequada aos ambientes, diminuir o risco de condensação nas superfícies internas dos componentes e também evitar riscos de infiltração de água através de paredes, pisos e/ou tetos.

Fonte: Os autores, 2021.

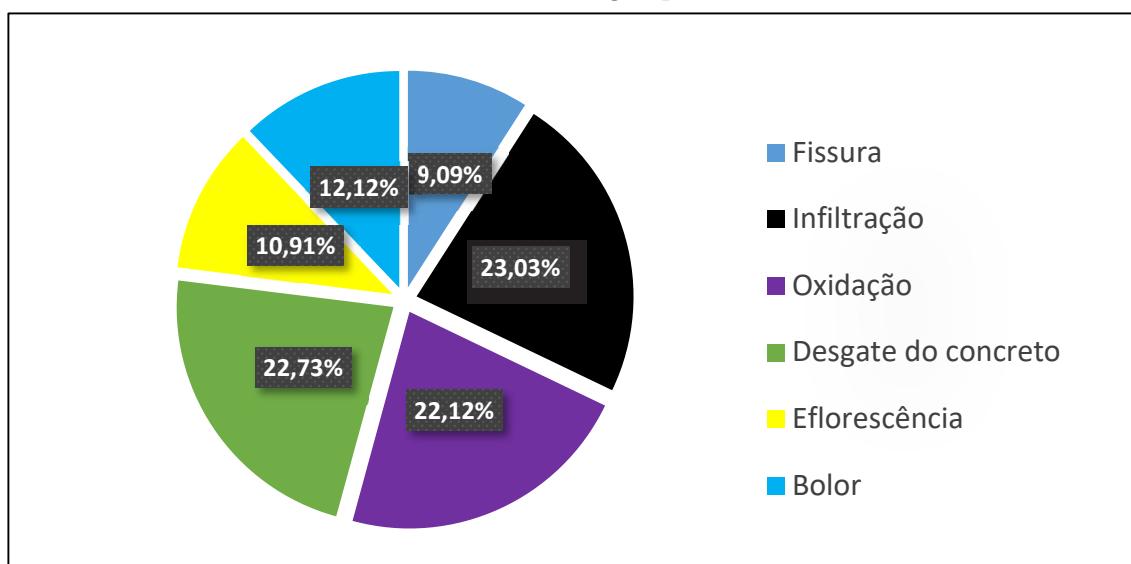
O bolor é formado por colônias de fungos filamentosos. Rachaduras e vazamentos colaboram com o crescimento dos fungos, já que estão associados ao aumento da umidade nos materiais que suportam ou nutrem diretamente estes micro-organismos.

4.3 Análise dos resultados

Sabendo- se que a maior parte das manifestações patológicas que foram analisadas em campo se encontram no pano da laje, foi feito um levantamento quantitativo para que fosse possível fazer a elaboração de gráficos com o intuito de identificar qual das anomalias está mais presente no local e onde elas estão mais concentradas.

No gráfico 01, podemos analisar os níveis percentuais de patologias presentes separados por tipos de anomalias presentes na edificação.

Gráfico 01 - Percentual de Patologias presentes na edificação



Fonte: Os autores, 2021

Um dos grandes problemas encontrados no subsolo do prédio foram as patologias ocasionadas por infiltrações, podendo ser uma causa direta para as anomalias, mas também pode ser um fator adicional que se faz necessário para que ocorra outros tipos de patologias encontradas no local. (VERÇOZA,1991)

Com isso fazendo a análise do gráfico nota-se que as manifestações patológicas mais incidentes na edificação são as infiltrações que correspondem a 23,03% (76 pontos) o desgaste do concreto que corresponde à 22,73% (75 pontos) e a oxidação que corresponde à 22,12% (73 pontos) de toda área analisada.

Além das três manifestações citadas à cima, foram encontradas no local, o bolor com 12,12% (40 pontos), a eflorescência que ocasionou diversas stalactites em alguns pontos da laje com 10,91% (36 pontos) e por último as fissuras com 9,09% (30 pontos).

De acordo com Machado (2019) as infiltrações podem ser causas internas ou externas, sendo que as internas são devido problemas de tubulações do próprio imóvel e as externas devido ao solo ou chuvas. Fazendo a análise do local foi observado que grande parte das patologias estão concentradas na área onde a laje está completamente descoberta como mostra a Figura 6 a seguir.

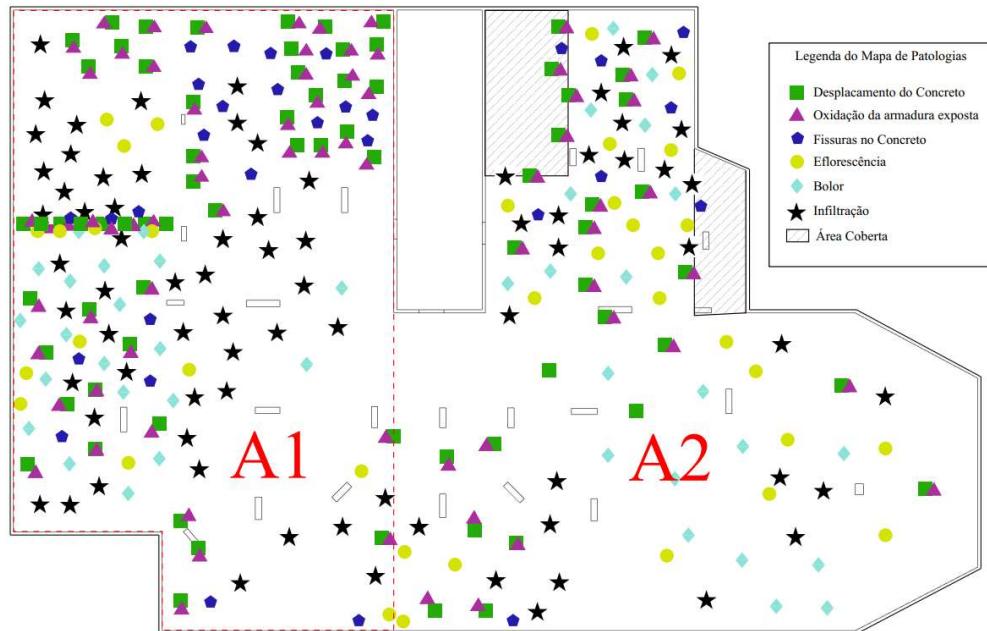
Figura 06 - Parte da Laje descoberta do pavimento superior



Fonte: Os autores, 2021

Como mostra a figura 06, parte da laje que fica entre o pavimento superior e o subsolo está completamente exposta ao meio externo, facilitando assim o contato com a umidade na sua superfície para que assim ocorra a proliferação de inúmeras patologias. Estima-se que a laje não teve uma impermeabilização adequada e nem possui um sistema de dreno para escoamento da água da chuva acumulada no local, causando dessa forma várias poças de água no perímetro ocasionando dessa forma a infiltração na laje e dessa infiltração acaba desencadeando diversas patologias. Dessa forma a planta baixa do local foi dividida em duas áreas, com o principal objetivo de comparar qual das áreas tem mais incidências de patologias (figura 07).

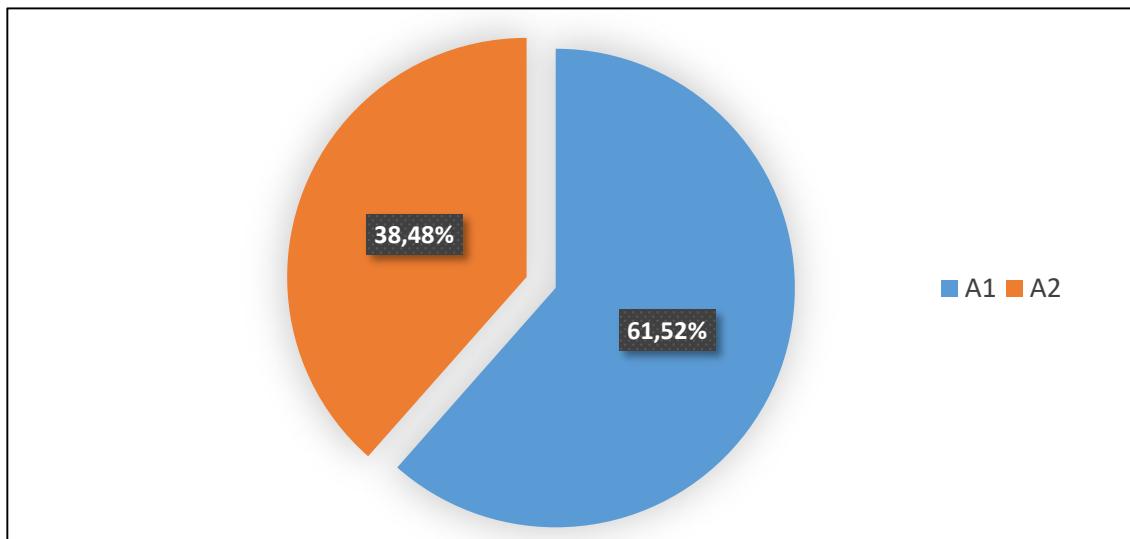
Figura 07 - Mapeamento de área de patologias



Fonte: Os autores, 2021

Conforme mostra a figura 07, a área A1 foi delimitada por todo o pano de laje que está exposto na parte superior, e a área A2 delimitada no restante da laje da edificação. Visivelmente é perceptível que a área A1 apresenta maiores manifestações patológicas, isso se justifica pela pouca circulação de ar e pela incidência volumosa de infiltração, já na área A2 que está localizada na entrada da garagem, ocorre maior circulação de ar, o que justifica o menor número de proliferação das manifestações patológicas. No gráfico a seguir pode-se analisar a porcentagem de cada área afetada.

Gráfico 02 - Percentual de patologias por área



Fonte: Os autores, 2021

No gráfico 02 é possível observar a diferença entre ambas as áreas. A área A1 tem um percentual de 62% de todas as patologias catalogadas do espaço referente a 203 pontos dos 330 analisados, já a área A2 tem um total de 38% do total de manifestações patológicas contabilizando 127 pontos, dos 330 analisados

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha de materiais empregados e tipos de sistemas construtivos, e uma boa impermeabilização, evita o surgimento de manifestações patológicas ocasionadas devido a infiltração. Todos os passos desde a concepção do projeto até a manutenção da obra são relevantes para evitar o surgimento de patologias. A impermeabilização deve ser muito bem escolhida e estudada, pois reparos e uma nova aplicação são dispendiosos.

Neste trabalho foi possível observar que tanto a construção da estrutura da laje, quanto a falta da circulação de ar são fatores contribuintes para o surgimento e proliferação das manifestações patológicas. A manifestação de infiltração, desgaste

do concreto e oxidação, ambos com maior incidência, representaram 67,88% (224 pontos) dos pontos analisados. É relevante salientar que essas manifestações estão diretamente relacionadas às demais.

Na divisão de áreas no mapa observado na figura 08, é evidente que a área A1 que está em contato maior com a umidade encontra-se mais comprometida que a área A2, que localiza-se mais próxima da entrada da garagem e consequentemente obtém maior circulação de ar, portanto está menos propícia para evolução das manifestações patológicas. Um estudo mais detalhado incluindo análise laboratorial do concreto da laje pode contribuir para resultados ainda mais precisos e possibilitar a escolha da melhor medida corretiva para a estrutura.

REFERÊNCIAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). NBR 5674. Manutenção de edificações Procedimento, 2012.
- ABNT. Projeto de estruturas de concreto. Procedimento. NBR 6118. Rio de Janeiro, 2014
- BRANDÃO, A. M. S.; PINHEIRO, L. M. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto.** Cadernos de Engenharia de Estruturas. EESC. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.
- CÁNOVAS, M. F. **Patologia e Terapia do Concreto Armado.** 1 Ed. Tradução de M. C. Marcondes; C. W. F. dos Santos; B. Cannabrava. São Paulo: Ed. Pini, 1988. 522 p
- COUTO, J. P.; COUTO, A. M. **Importância da revisão dos projectos na redução dos custos de manutenção das construções.** In: CONGRESSO CONSTRUÇÃO 2007, 3, 2007, Coimbra, Portugal. Universidade de Coimbra, 2007.
- DAL MOLIN, Denise C. Coitinho. Fissuras em estruturas de concreto armado: Análise das manifestações típicas e levantamento de casos ocorridos no estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1988.
- DO CARMO, Paulo Obregon. Patologia das construções. Santa Maria, Programa de atualização profissional - CREA - RS, 2003.
- FERREIRA, Rui Miguel. **Avaliação dos ensaios de durabilidade do betão.** 2000. 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2000.
- FERREIRA, Ariane. Qual a Importância da NR 18 dentro do PBQP-H? Disponível em: <<http://certificacaoiso.com.br/qual-a-importancia-da-nr-18-dentro-do-pbqp-h/>>. Acesso em: 30 de maio de 2021.

GNIPPER, Sérgio F.; MIKALDO JR. Jorge. **Patologias frequentes em sistemas prediais hidráulicosanitários e de gás combustível decorrentes de falhas no processo de produção do projeto.** Curitiba, 2007.

HELENE, Paulo. R.L. **Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concreto.** In: Workshop Durabilidade das Construções. Anais... São Leopoldo, 1997.

ISAIA, C G. IBRACON **Concreto Ensino Pesquisa e Realizações.** 1^a Ed Vol 1 e 2. 2010 DISTRIBUIDORA CURITIBA DE PAPEIS E LIVROS.

MACHADO, Kethllyen Miranda e ALENCAR, Euler André Barbosa de. Levantamento de patologia causadas por umidade nas edificações na cidade de Manaus - Am. Manaus, 2019.

MAZER, PROFº WELLINGTON. Patologia, Recuperação e Reforço de estruturas de concreto, Curitiba-PR, 2008

SENA, G.O.D. et al. **Patologia das Construções.** Salvador: 2B, 2020. 256p.

SILVA, F.B. **Patologia das construções: uma especialidade na engenharia civil.** 2011

SILVEIRA, Débora R. D. Da; AZEVEDO, Eline S. De; SOUZA, Deyse M. O. De; GOUVINHAS, Reidson P. Qualidade na construção civil: Um estudo de caso em uma empresa da construção civil do Rio Grande do Norte. Natal, 2002.

SOUZA, Marcos Ferreira de. **Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações.** Belo Horizonte, 2008.

TRINDADE, Diego dos Santos da. **Patologia em estruturas de concreto armado.** Santa Maria – Rio Grande do Sul, 2015.

VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações.** Porto Alegre, Editora Sagra, 1991. 172p.
PINA, Gregório Lobo de. **Patologia nas habitações populares.** Rio de Janeiro, 2013.

CAPÍTULO 27

ANÁLISE DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PISO NA ORLA DE SANTARÉM

*ANALYSIS OF PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS
IN THE SANTARÉM WATERFRONT*

Ada Lorena de Lemos Bandeira¹
Claudio Dornelis de Freitas Cardoso²
Glauber Haidê Lira da Silva³

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.27

¹ loreana.lbandeira@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/7025952306350502>

² claudiiodornelis.engcivil@hotmail.com, <http://lattes.cnpq.br/0473879230194788>

³ glauberhaide@hotmail.com, <http://lattes.cnpq.br/6789827328215181>

RESUMO

Desde a fase construtiva até o fim da vida útil as edificações estão propensas a patologias que podem acarretar paralisações e a inutilidade da mesma. Faz-se necessário o estudo de medidas que proporcionem correções, baseadas em inspeções realizadas por um profissional apto da construção civil. O presente artigo apresenta um estudo de caso realizado na orla fluvial de Santarém, no Pará, para catalogar e identificar as causas das patologias presentes no piso da construção e posteriormente sugerir correções. Para a realização do trabalho foram coletadas informações disponíveis acerca da obra, análises visuais e fotográficas das manifestações patológicas. Observou-se que as manifestações patológicas identificadas no piso da orla da cidade de Santarém originam-se do recalque sofrido pela estrutura, desencadeando desnivelamento do piso, fissuras e deterioração do piso. A coleta de informações e a base teórica sobre patologias possibilitaram ter o conhecimento sobre a causa das manifestações patológicas de piso. A correção dessas patologias propiciará melhorias estéticas, de segurança e conforto para os transeuntes da construção.

Palavras-chave: Recalque. Desplacamento. Desnível.

ABSTRACT

Since the constructive phase until the end of the useful life, the buildings are prone to pathologies that can lead to stoppages and its uselessness. It is necessary to study measures that provide corrections, based on inspections carried out by a qualified construction professional. This paper presents a case study carried out on the riverfront of Santarém, Pará, to catalog and identify the causes of the pathologies present in the floor of the building and then suggest corrections. To carry out the work, available information about the construction was collected, and visual and photographic analyses of the pathological manifestations were made. It was observed that the pathological manifestations identified in the floor of the waterfront of the city of Santarem originate from the settlement suffered by the structure, triggering unevenness of the floor, cracks and deterioration of the floor. The collection of information and the theoretical basis about pathologies made it possible to have knowledge about the cause of the pathological manifestations of the floor. The correction of these pathologies will provide aesthetic, safety and comfort improvements for the passers-by in the building.

Keywords: Settlement. Slippage. Deleveling.

1 INTRODUÇÃO

Segundo HELENE (1992) as manifestações patológicas em quase totalidade são de fácil identificação visual, detectando sua natureza, origem e mecanismos de fenômenos envolvidos. A identificação possibilita que medidas possam ser tomadas para reverter lesões ou desenvolver propostas de manutenções preventivas ou corretivas.

As manifestações patológicas como um todo são desencadeadas por fatores recorrentes de mão de obra e materiais inadequados, mal uso de materiais, entre outros fatores que proporcionam inutilidade ou interdição de construções. As principais manifestações patológicas identificadas em pisos são fissuras, desplacamento de revestimento, preparação de solos inadequado e presença de desníveis.

Na presente construção está instalada a orla fluvial de Santarém, utilizada pela população como espaço de cultura e lazer. O estudo de caso realizado na orla identificou e catalogou as possíveis causas de manifestações patológicas presentes no piso da construção. A correção dessas anomalias propiciará melhorias estéticas e de conforto para os transeuntes da construção.

O método de análise escolhido para o estudo foi apenas análises visuais por se tratar de uma obra pública. Após as análises realizou-se a identificação das manifestações patológicas, descrições das mesmas e das suas possíveis causas, o que possibilitou elaborar medidas de manutenções corretivas.

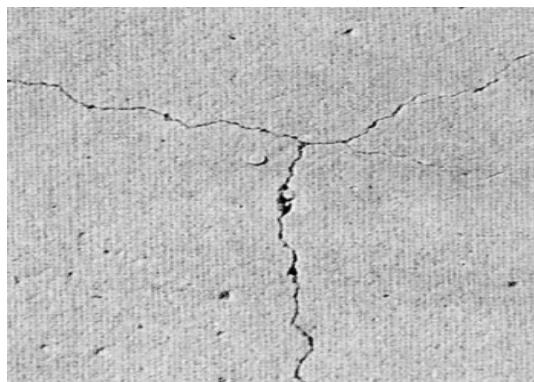
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Segundo CANOVAS (1988), a patologia das construções já era evidente a muitos anos, porém somente agora tem ganhado destaque no meio da construção civil. O homem tem se preocupado cada vez mais em construir estruturas que se adaptem às suas necessidades da vida moderna. Com o avanço da tecnologia e do mercado, a engenharia precisou evoluir, almejando melhorias para atender as demandas exigidas pela sociedade.

As construções estão expostas a manifestações patológicas que se originam desde a concepção até a fase de utilização da estrutura. Conforme VERÇOSA (1991) quando se conhece previamente as patologias que determinada construção possa apresentar fica mais fácil traçar medidas preventivas pra reduzir erros construtivos. Na figura 01 é possível identificar uma fissura por retração hidráulica. A fissura é uma das manifestações patológicas mais comuns e de fácil identificação.

Para pisos que estão sujeitos a grande trafegabilidade de pessoas e cargas deve-se levar em consideração a durabilidade, dureza e resistência do material

Figura 01 - Fissura por retração hidráulica.



Fonte: ACI, 1997.

A utilização de materiais adequados minimiza a ocorrência de patologias, porém outros aspectos como estudo de solo e dimensionamento de fundações, que atendam as solicitações da construção devem ser analisados também.

2.1 Causas das manifestações patológicas

2.1.1 Etapa de projetos

As manifestações patológicas provenientes de falhas cometidas na fase de concepção da estrutura podem estar atreladas a erros nos estudos preliminares e na elaboração de projetos. Os erros originados na concepção acarretam falhas que tornam a solução onerosa e complexa. Na tabela 01 observa-se as possíveis causas de falhas na fase de projetos.

Tabela 01 - Falhas na fase de projeto

Falhas na fase de projeto	Incompatibilização de projetos
	Detalhamento escasso ou inexistente
	Detalhes inexecutáveis;
	Erros de dimensionamento

Fonte: Adaptado de SOUSA E RIPPER, 1998.

Para SOUZA E RIPPER (1998) as falhas na fase de projeto podem ser responsáveis pelo encarecimento da construção e origem de patologias severas. É necessário observar ainda na fase de projetos, os possíveis equívocos de informações que possam ocasionar patologias futuras ou danos na utilização.

2.1.2 Etapa de construção

Por ordem cronológica, a etapa de construção deve começar após a finalização total da etapa de projetos, em alguns casos, essa ordem não é obedecida. O início das obras sem a conclusão de projetos e adaptações feitas após a finalização dessa etapa, se tornam as principais causas de erros na fase de construção.

Quando a etapa de projetos é finalizada com êxito, inicia-se outras atividades que podem estar atreladas a origem de patologias na fase executiva. A escolha da mão de obra não especializada, má utilização de materiais, irresponsabilidade técnica e inexistência de controle da qualidade da execução são os principais fatores para a falha nesta etapa executiva de projeto.

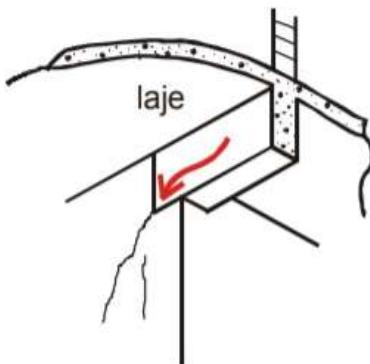
Alguns erros são comuns e bem conhecidos no âmbito da construção civil, como a falta de esquadro, desalinho de prumo, desníveis de pisos, ausência de impermeabilização e erros de assentamento de revestimentos. Essas falhas causam danos na ergonomia dos usuários e na estética das estruturas.

Problemas originados na etapa de execução podem apresentar danos visuais após anos ou horas após o serviço ser executado. Os materiais usados no serviço também apresentam grande impacto no aparecimento de patologias. Um material de baixa qualidade ou inadequado para o uso em determinado serviço trará deficiências para a estrutura.

2.1.3 Etapa de utilização

Com a conclusão das etapas anteriores com excelência ainda há a possibilidade de a estrutura apresentar manifestações patológicas de uso. Essas anomalias podem ser desencadeadas por uso incorreto da estrutura, falta de manutenção periódicas e destinação de uso contraria aquela descrita em projeto. Na figura 02 exemplifica-se uma fissura desencadeada por sobrecarga na laje. No projeto estrutural é necessário prever a carga de utilização da estrutura e adicionar o coeficiente de segurança, afim de prever alguma alteração de carga atuante na mesma.

Figura 02 – Fissura vertical e/ou inclinada em apoio de viga sem coxim com excessiva sobrecarga



Fonte: DUARTE, 1998.

A falta de manutenção é uma das principais causas das manifestações patológicas originadas na etapa de utilização. O descaso com essas medidas preventivas tem potencial para danificar a estrutura. Uma das explicações para a falta de manutenção está no valor que deve ser investido para a realização da tarefa, ou até mesmo na crença de que a manutenção não é necessária.

2.2 Deterioração de piso

As deteriorações de estruturas são desencadeadas por falhas originadas em várias etapas do processo de construção e utilização da estrutura. A deterioração em pisos é identificada visualmente com grande facilidade e podem se apresentar como fissuras, assentamento da estrutura por recalque ou sobrecarga na estrutura, bolor, e desplacamento de revestimentos. SOUZA E RIPPER (1998) classificam as causas e as origens em três categorias: causas extrínsecas, causas intrínsecas e processo de deterioração do concreto armado.

As causas extrínsecas tem relação com o processo de degradação natural dos materiais, não estando atrelados a má execução ou materiais inadequados ou de baixa qualidade. São causas que agem de fora para dentro originando anomalias funcionais, que são recorrentes de uso excessivo ou desgaste natural da estrutura. A tabela 02 mostra as causas extrínsecas às estruturas de concreto.

Tabela 02 - Causas extrínsecas a processos de deterioração das estruturas de concreto.

CAUSAS EXTRÍNSECAS	
FALHAS HUMANAS	Modelização Inadequada da Estrutura, má avaliação de cargas, detalhamento Errado ou Insuficiente, inadequação ao Ambiente, incorreção na Interação Solo-Estrutura e incorreção na Consideração de Juntas de Dilatação
FALHAS HUMANAS DURANTE A UTILIZAÇÃO	Alterações Estruturais, sobrecarga Exageradas e alteração das Condições do Termo de Fundação
AÇÕES MECÂNICAS	Choques de Veículos, recalque de Fundações e acidentes (Ações Imprevisíveis)
AÇÕES FÍSICAS	Variação de temperatura, insolação e atuação da Água
AÇÕES QUÍMICAS	
AÇÕES BIOLÓGICAS	

Fonte: Adaptado de SOUSA E RIPPER, 1998.

A tabela 03 contempla as causas intrínsecas por falhas humanas no processo de construção. Para SOUZA E RIPPER (1998) os defeitos construtivos são anomalias costumeiras e tem sua origem, comumente, na qualificação dos profissionais.

Tabela 03 - Causas intrínsecas a processos de deterioração das estruturas de concreto por falha humana

CAUSAS INTRÍNSECAS	
FALHAS HUMANAS DURANTE A CONSTRUÇÃO	
DEFICIÊNCIA DE CONCRETAGEM	Transporte, lançamento, juntas de concretagem, adensamento e cura
DEFICIÊNCIA NAS ARMADURAS	Má interpretação dos projetos, insuficiência e mau posicionamento de armaduras, cobrimento de concreto insuficiente, dobramento inadequado das barras, deficiência nas ancoragens, deficiências nas emendas e má utilização de anticorrosivos
UTILIZAÇÃO INCORRETA DOS MATERIAS DE CONSTRUÇÃO	Fck inferior ao especificado, aço diferente do especificado, solo com características diferentes, utilização de agregados reativos, utilização inadequada de aditivos e dosagem inadequada do concreto
INEXISTÊNCIA DE CONTROLE DE QUALIDADE	
INADEQUAÇÃO DE ESCORAMENTO E FÔRMAS	
FALHAS HUMANAS DURANTE A UTILIZAÇÃO (ausência de manutenção)	

Fonte: Adaptado de SOUSA E RIPPER, 1998.

As causas intrínsecas estão relacionadas a qualidade de materiais, falhas humanas na fase de execução/utilização e acidentes ligados a fatores naturais. Na tabela 04 descreve as causas intrínsecas naturais de deterioração das construções de concreto.

Tabela 04 - Causas intrínsecas a processos de deterioração das estruturas de concreto.

CAUSAS INTRÍNSECAS	
CAUSA NATURAIS	
CAUSAS QUÍMICAS	Reações internas ao concreto, expansibilidade de certos constituintes do cimento, presença de cloretos, presença de ácidos e sais, presença de anidrido carbônico, presença da água e elevação de temperatura interna do concreto
CAUSAS FÍSICAS	Variação de temperatura, insolação, vento e água
CAUSAS PRÓPRIAS À ESTRUTURA POROSA DO CONCRETO	
CAUSAS BIOLÓGICAS	

Fonte: Adaptado de SOUSA E RIPPER, 1998.

Os processos de deterioração de estruturas de concreto resultantes da atuação de causas intrínsecas e extrínsecas podem ser determinantes para a análise de falhas na estrutura. As causas inerentes à vontade do construtor não são pré determinadas ou dimensionadas, mas podem ser consideradas para a elaboração de projetos. A tabela 05 mostra os processos físicos de deterioração do concreto

Tabela 05 - Processos físicos de deterioração de estruturas de concreto.

PROCESSOS FÍSICOS DE DETERIORAÇÃO	
FISSURAÇÃO	Deficiência de projeto, contração plástica, assentamento do concreto/perda de aderência, movimentação de escoramento e/ou fôrmas, retração, deficiência de execução, reações expansivas, corrosão das armaduras, recalques diferenciais, variação de temperatura e ação aplicadas
DESAGREGAÇÃO DO CONCRETO	Fissuração, movimentação das fôrmas, corrosão do concreto, calcinação e ataque biológico
CARBONATAÇÃO DO CONCRETO	
PERDA DE ADERÊNCIA E DESGASTE DO CONCRETO	

Fonte: Adaptado de SOUSA E RIPPER, 1998.

2.3 Manifestações patológicas no piso

2.3.1 Infiltração

O acúmulo de água pode causar problemas e manifestar patologias em pisos, paredes, fachadas, entre outros elementos construtivos. Segundo VERÇOZA (1991) a umidade é o principal fator para o aparecimento de eflorescências, ferrugens, mofos, bolores, perca de pintura, reboco, desnívelamento de pisos, vegetação e acidentes estruturais.

VERÇOZA (1991) e KLEIN (1999) afirmam que a umidade proveniente durante o processo construtivo é necessária pra a construção da estrutura, tendo como exemplo o uso de água em concretos e argamassas, pinturas, etc. na figura 03 é visível uma mancha d'água no teto de uma edificação sem cobertura sobre a laje.

Figura 03 - Mancha d'água no teto



Fonte: LIDIANE, 2016.

Se tratando de umidade por capilaridade que ocorrem principalmente em baldrames, devido ao solo úmido e a inexistência ou ineficiência de impermeabilização de fundações, gerando manifestações patológicas provenientes de umidade nas estruturas, que se manifestam de diversas maneiras já citadas.

Os blocos cerâmicos, concretos, argamassas, madeiras são materiais que apresentam canais capilares e precisam de maior cuidado e tratamento para evitar possíveis patologias.

2.3.2 *Desplacamento de revestimento*

O desplacamento de revestimentos pode estar relacionado a vários fatores, dentre eles, fatores de aplicação e a qualidade da matéria do revestimento. O tempo de secagem de uma argamassa para outra pode acarretar retração do reboco, fissuração e com o passar do tempo, sem manutenção, possivelmente terá deslocamento do revestimento. O piso da figura 04 apresenta processo de deslocamento do revestimento.

Figura 04 – Piso em processo de desplacamento



Fonte: SANTOS, 2019.

O desplacamento de revestimentos está ligado a baixa aderência da base, que pode ser ocasionado por falha humana. E para que haja uma aplicação que não venha apresentar descolamento do revestimento, é preciso atentar as etapas de execução, verificar a composição de argamassa colante, seu traço e preparação da base que irá ser utilizada.

2.4 Manifestações patológicas causadas por recalque

A NBR 9050/2015 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, afirma que os materiais que são utilizados para o revestimento de calçadas devem ter superfície regular, firme, estável, não trepidante para dispositivos com rodas e antiderrapante. Partindo dessa concepção é necessário observar os materiais que são empregados nas construções para que esses atendam aos requisitos requeridos pela construção.

A figura 05 mostra uma fissura de assentamento de piso. Os pisos de concreto têm por natureza do material, a fissuração, pois o concreto não apresenta grande resistência à tração. As fissuras são as manifestações patológicas mais corriqueiras em piso e por isso é a mais conhecida pela população.

Figura 05 - Fissura de assentamento em piso de concreto



Fonte: Fitesa, 2009.

O processo de análise de fissuras tem seu início no processo de mapeamento de fissuras. É preciso obter dados de comprimento, dimensões da abertura, profundidade e localização. Com os dados apurados se pode classificar os tipos de fissuras conforme VERÇOZA (1991) na tabela 06.

Tabela 06 - Classificação de aberturas

Fissuras	Abertura <0,5 mm
Trincas	0,5 mm < abertura < 1,0 mm
Rachaduras	1,0 mm < abertura < 1,5 mm
Fendas	Abertura > 1,5 mm

Fonte: Adaptado de VERÇOSA, 1991.

Apesar das fissuras serem consideradas uma falha estrutural, a origem e magnitude delas é que vão determinar seu risco. Se o piso apresentar fissuras é necessário desenvolver análises que verifiquem a possível origem da patologia, suas dimensões atuais e sua variação temporal, se existir.

3 METODOLOGIA

A orla de Santarém localiza-se a margem direita do rio Tapajós, na Avenida Tapajós, Santarém – Pa, cujas coordenadas são 2°25'01"S e 54°52'40"W. A figura 06 mostra perímetro estudado, que compreende o trecho da orla entre a Travessa João Otaviano de Matos e a Rua Lameira Bittencourt, aproximadamente 553 metros de orla.

Figura 06 - Localização da construção



Fonte: Google Earth, 2021.

Para a elaboração do artigo, realizou-se a visita no local de estudo e obteve-se medidas e registros fotográficos das manifestações patológicas, após 3 meses houve o retorno para mais registros que serviram de comparativo do avanço das manifestações.

A pesquisa se classifica de forma qualitativa e explanatória sobre as manifestações patológicas encontradas no piso da orla fluvial de Santarém. Baseado em resultados encontrados, que serviram de base para indicar as causas das manifestações patológicas e indicar possíveis propostas de manutenção corretiva para sanar as problemáticas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Identificação das manifestações patológicas

Para o melhor entendimento da área de estudo, o perímetro estudado foi segmentado em três áreas. As manifestações patológicas se apresentam pelo perímetro estudado e se concentram próximos as juntas de dilatação do piso laje. Cada pano de laje tem comprimento aproximado de 15 m e 9 metros de largura.

4.1.1 Áreas

O perímetro da Área 01 está situado entre a Praça do Pescador e a Rua Lameira Bittencourt. No perimetro mostrado na figura 07 é possível identificar 15 pontos de fissura com desplacamento de revestimento, 2 pontos de desnível com acúmulo de água e 1 desnível acentuado.

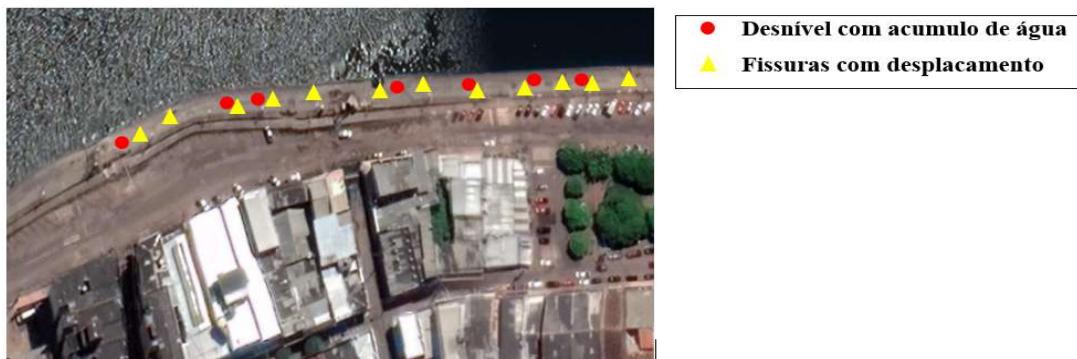
Figura 07 – Manifestações patológicas da Área 01



Fonte: os Autores, 2021.

A área 02 é compreendida entre a Rua 15 de agosto e a Praça do Pescador. Observa-se na figura 08 a manifestação de 12 fissuras, acompanhadas de deslocamento e 7 pontos de desnível com acúmulo de água pluvial. Não se obteve registro de desnível acentuado no perímetro da Área 02.

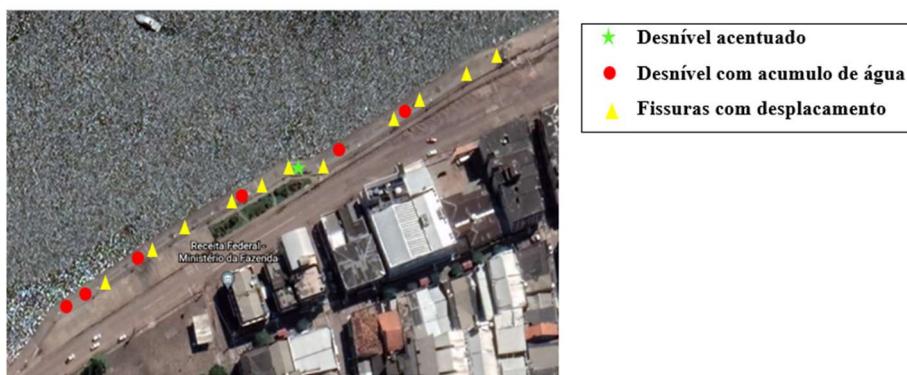
Figura 08 – Manifestações patológicas da Área 02



Fonte: os Autores, 2021.

A área 03 foi demarcada no perímetro da orla entre Travessa João Otaviano de Matos e a Rua 15 de agosto. Na figura 09 pode-se observar 11 pontos de fissuras no piso, as mesmas são acompanhadas de deslocamento do revestimento, 6 pontos de desniveis que acumulam águas pluviais e 1 ponto de desnível acentuado.

Figura 09 – Manifestações patológicas da Área 01



Fonte: os Autores, 2021.

4.2 Descrições das manifestações patológicas

As manifestações patológicas encontradas no piso da orla fluvial são fissuras, espassamentos nas juntas de dilatação do piso laje, crescimento de vegetação, desnivelamento de piso e deslocamento de revestimento. Essas manifestações são recorrentes em toda a extenção estudada da construção.

Pela extensão estudada da orla é possível verificar desnivelamento do piso em diversos graus. O desnível mais aparente, identificado no quadro 01, possui 28 centímetros de profundidade no seu ponto mais baixo. Com as intempéries formou-se uma abertura de pequena amplitude na porção mais baixa do desnível, por onde há evacuação das águas pluviais que anteriormente ficavam empoçadas.

No maior desnível estudado já se realizou manutenção corretiva em muitos momentos, porém a recorrência do desnível é cada vez pior. Essa correção é feita somente de forma paliativa e sem estudo apropriado para a erradicação da manifestação patológica.

Quadro 03 – Manifestação patológica desnível de piso

Manifestação: Desnível do piso	Descrição da manifestação
	A laje que serve de base do revestimento cimenticio apresenta desnível agudo, acarretando acumulo de água na superficie. Com o passar do tempo e das intempéries a laje foi danificada e formou-se uma abertura por onde há fuga da água da chuva
	Possíveis causas
	Ineficácia da manutenção corretiva, ácumulo de água sobre o desnível, erosão do solo abaixo da laje.
	Solução
	Estruturação e concretagem para a repaço do piso laje, instalação de novo revestimento cimenticio e nivelamento do piso.
	Fonte: VERÇOZA (1991), KLEIN (1999)

Fonte: os Autores, 2021

As fissuras encontradas no piso são de dimensões de até 0,4 mm e se estendem por toda a extensão da orla, estão presentes sempre próximas as juntas de dilatação e desnível da laje. As fissuras atravessam a laje em sua largura e apresentam desplacamento de revestimento sobre si.

Quadro 01 – Manifestação patológica fissuras no piso

Manifestação: Fissuras no piso	Descrição da manifestação
	No encontro de pano de laje há rachaduras que se apresentam por toda a largura da laje, causando assim o desplacamento do revestimento cimenticio. Essa manifestação patológica se apresenta por toda a extensão da orla fluvial.
	Possíveis causas
	Movimentação dos panos de laje, presença de umidade sobre o piso laje, alto tráfego de pessoas, falta de manutenção preventiva
	Solução
	Recuperação do piso com argamassa e instalação de novo revestimento cimenticio.
	Fonte: VERÇOZA (1991), KLEIN (1999)

Fonte: os Autores, 2021

O desplacamento do revestimento cimentício é visível em vários pontos da orla fluvial, até mesmo nos pontos já recuperados anteriormente. Esse desplacamento é mais visível próximo às juntas de dilatação aparentes no piso laje da orla, que possivelmente é a causa do desplacamento do revestimento.

Quadro 02 - Manifestação patológica deslocamento de revestimento.

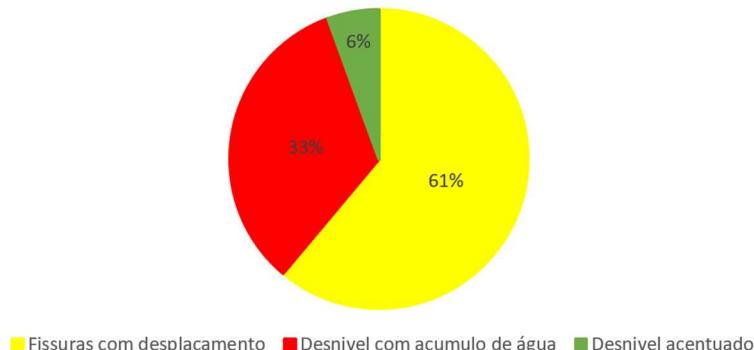
Manifestação: Deslocamento de revestimento	Descrição da manifestação
	<p>A superfície do piso apresenta deslocamento do revestimento cimentício instalado sobre o piso da laje de concreto maciço. Observa-se um espessamento aparente nas juntas de dilatação da laje e o crescimento de vegetação. Há uma abertura com diâmetro de 20 cm no piso laje.</p>
	Possíveis causas <p>Retração da argamassa de assentamento, má instalação do revestimento cimentício e material inadequado para a aplicação do revestimento, movimentação das fundações, meio apto para a proliferação de vegetação, por se encontrar próximo ao rio, alto tráfego de pessoas, movimentação do pano de laje.</p>
	Solução <p>Reparação de piso laje na abertura por meio de estruturação e concretagem das aberturas, retirada por inteiro da vegetação, aplicação de argamassa adequada para pisos externos com grande variedade de umidade e calor e instalação de novo revestimento cimentício</p>
	Fonte: VERÇOZA (1991), KLEIN (1999)

Fonte: os Autores, 2021

4.3 Análise dos resultados

Na Área 01 é encontrado o maior desnível identificado no perímetro estudado. A manifestação patológica já é bem recorrente por falta de manutenção corretiva adequada. O gráfico 01 mostra a grande quantidade de fissuras, é nessa área também que se instala a fissura com maior dimensão, 0,4 m de abertura.

Gráfico 01 - Manifestações patológicas da Área 01



Fonte: os Autores, 2021.

O desnível acentuado identificado no perímetro da Área 01, teve crescimento abrupto de 0,7 cm no intervalo das visitas no local da construção como mostra a figura 10. A Área 01 é o perímetro mais movimentado da orla fluvial e a manifestação patológica não está interditada, oferecendo risco de segurança à população.

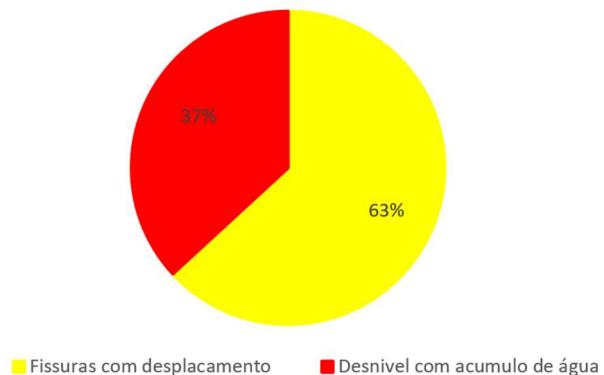
Figura 10 - Antes e depois das manifestações patológicas



Fonte: os Autores, 2021.

A Área 02 não apresentou desnível acentuado, porém concentra grande proporção de fissuras com desplacamento de revestimento e maior quantidade de desniveis com acúmulo de água, em comparação as outras áreas estudadas, como mostra o gráfico 02.

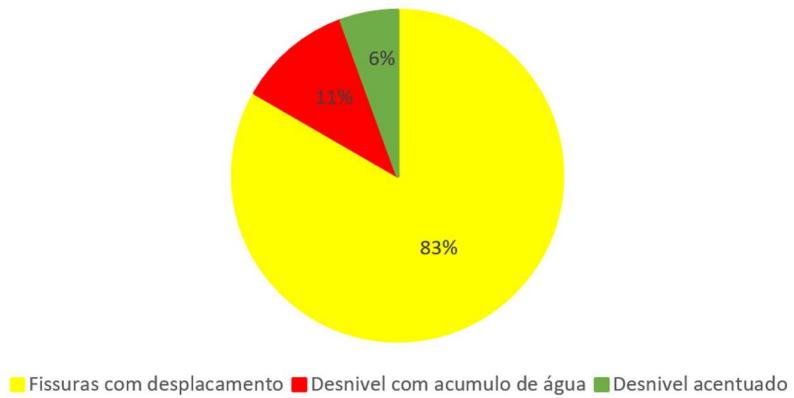
Gráfico 02 – Manifestações patológicas da Área 02



Fonte: os Autores, 2021.

O gráfico 03 mostra a incidência de patologias da Área 03, que é contemplada com a maior evidencia de fissuras acompanhadas de desplacamento do revestimento. As fissuras aparentam ser inativas, pois não se obteve aumento durante o período de estudo.

Gráfico 03 - Manifestações patológicas da Área 03



Fonte: os Autores, 2021.

O desnível acentuado identificado na Área 03, demonstrou crescimento expressivo no intervalo de tempo entre as duas visitas realizadas. No desnível apresentado na figura 11, há desplacamento do revestimento, acumulo de água pluvial e fissuras no seu entorno. O crescimento acentuado, de 3 cm, do desnível é de grande risco a segurança dos transeuntes da orla fluvial, pois o mesmo não está interditado e a população transita pelo perímetro.

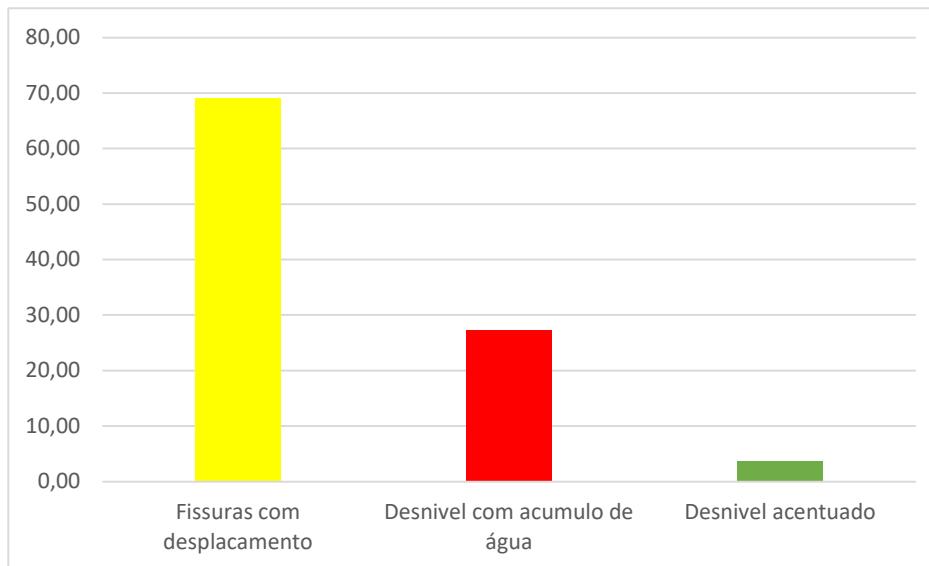
Figura 11 - Antes e depois das manifestações patológicas



Fonte: os Autores, 2021.

É evidente a projeção das manifestações patológicas e seu crescimento gradativo. Na extensão estudada da orla observou-se grande índice de fissuras acompanhadas de deslocamento do revestimento e pouco desnível acentuado como mostra o gráfico 04. Apesar desses desníveis serem de baixa ocorrência, a dimensão e os riscos são de grande proporção.

Gráfico 04 – Índice de manifestações patológicas



Fonte: os Autores, 2021.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após as análises dos sistemas construtivos da obra, realizado por meios visuais e registros fotográficos, verificou-se que a orla fluvial de Santarém se encontra com diversas manifestações patológicas no decorrer de toda a sua extensão, causadas pelo recalque das fundações provenientes da erosão do solo abaixo da laje. As fissuras representam 69,09% das manifestações patológicas e não oferecem grande riscos a estrutura. Os desníveis com acúmulo de água representam 27,27% das ano-

malias e precisam ser corrigidos, para não atingirem grandes proporções como os desníveis acentuados, que representam 3,64% das manifestações, porém há grande risco a população.

As fissuras podem ser recuperadas de maneira simples, as aberturas e desníveis do piso devem ser recuperadas com maior cuidado, pois se tratam de manifestações patológicas de maior grau de risco para a estrutura e para os transeuntes da edificação. As anomalias acarretam insegurança, desfiguração da construção, e desconforto dos usuários. A orla é a principal forma de lazer dos moradores da cidade de Santarém e cartão de visita para turistas. Propõe-se a quem for de direito, o tratamento das manifestações patológicas descritas nesse artigo. Ressalta-se que a falta de tratamento das mesmas, coloca em risco os usuários da orla fluvial de Santarém.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**, Rio de Janeiro, 2015.
- CANOVAS, M.F. **Patologia e terapia do concreto armado**, São Paulo: Pini, 1988. 522p
- HELENE, Paulo Roberto Lago. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estrutura de Concreto**. São Paulo: Pini, 1992.
- KLEIN, D. L. **Apostila do Curso de Patologia das Construções**. Porto Alegre, 1999 - 10º Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias.
- SOUZA, Vicente Custódio Moreira; RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1998.
- VERÇOZA, E. J. **Patologia das Edificações**. Porto Alegre, Editora Sagra, 1991. 172p.

CAPÍTULO 28

ESTUDO DE CASO SOBRE AS VANTAGENS DO BIM EM RELAÇÃO A PROJETOS DISSOCIADOS NO AUTOCAD CONTEXTUALIZAÇÃO ATRAVÉS DE UMA RESIÊNCIA UNIFAMILIAR

*CASE STUDY ON THE ADVANTAGES OF BIM IN
RELATION TO PROJECTS DISSOCIATED IN AUTOCAD
CONTEXTUALIZATION THROUGH A SINGLE-FAMILY
RESIENCE*

Ednelma Branco Madeira¹

Natália Brito Silva²

Nyara Hellen de Souza da Silva³

DOI: 10.46898/rfb.9786558891895.28

¹ Ednelma Branco Madeira, E-mail: ednelmabranco@yahoo.com.br

² Natália Brito Silva, E-mail: nataliabrito818@gmail.com

³ Nyara Hellen de Souza da Silva, E-mail: Nyarahellen@gmail.com

RESUMO

As edificações requerem projetos detalhados e dinâmico independente do seu grau de complexibilidade. A todo momento os profissionais da construção civil são solicitados a resolver diversidades, o que se faz necessário aprimoramento do processo. Com base na problemática anterior, a tecnologia se apresenta como grande aliada no intuito de possibilitar maior detalhamento e dinamizar o tempo de trabalho. No presente artigo elaborou-se um estudo de caso realizado em uma residência unifamiliar térrea, localizado no município de Santarém. A coleta de informações consistiu em visita ao local, registro fotográfico, entrevista com os proprietários e medições da residência. As informações e a base teórica possibilitaram exemplificar a relação custo-benefício da execução de projetos nas plataformas *Computer Aided Design (CAD)* e *Building Information Modeling (BIM)* e seus impactos no orçamento. Atualmente, no município de Santarém-PA a maior parte das projeto são elaborados na metodologia CAD, por esta já está consolidada e difundida no setor da construção civil. Os resultados obtidos com o estudo de caso, permitiram a elaboração de tabelas orçamentarias que demostram uma queda de 16,66% no custo benefício de trabalho do projetista utilizando a plataforma BIM, a facilidade de reconhecimento prévio de interferências entre os subsistemas de projeto, além da extração mais rápida, detalhada e transparente de orçamentos fornecido pelo software com tecnologia BIM.

Palavras-chave: BIM. CAD. Orçamento.

ABSTRACT

Buildings require detailed and dynamic designs regardless of their degree of complexity. At all times, civil construction professionals are asked to resolve diversified matters, which requires improvement in the process. Based on the above problem, technology presents itself as a great ally in order to provide greater detail and streamline working time. In the present article, a case study was carried out in a one-story single-family house, located in the municipality of Santarém. The collection of information consisted of a visit to the site, photographic record, interview with the owners and measurements of the residence. The information and the theoretical basis made it possible to exemplify the cost-benefit ratio of executing projects on the Computer Aided Design (CAD) and Building Information Modeling (BIM) platforms and their impact on the budget. Currently, in the municipality of Santarém-PA, most of the projects are prepared using the CAD methodology, as this is already consolidated and disseminated in the civil construction sector. The results obtained with the case study allowed the elaboration of budget tables that

demonstrate a 16.66% drop in the cost-benefit ratio of the designer's work using the BIM platform, an ease of prior recognition of interferences between the design subsystems, in addition to faster, more detailed, and more transparent quote extraction provided by BIM-enabled software.

Keywords: BIM. CAD Budget.

1 INTRODUÇÃO

A partir de 1960 a indústria de software progrediu consideravelmente, tornando o computador uma ferramenta poderosa e crucial de trabalho (COSTA; RIBEIRO; FIGUEIREDO, 2015). Sendo a construção civil um setor com grande representatividade no PIB (Produto Interno Bruto) do país, a complexidade de algumas obras exige cada vez mais controle de gestão de projetos e de obra (LINO, 2019).

Por volta dos anos 80 ocorreram as primeiras mudanças no cenário dos projetistas. Esboçar projetos de grande porte a mão tornou-se uma tarefa cada vez mais árdua e dispendiosa, que exigia muito tempo e dedicação para que os desenhos saíssem com a riqueza de detalhes necessária para execução. Diante dessas circunstâncias que se criou o Computer Aided Design – Desenho assistido por computador (CAD), substituindo pranchetas, papeis e lápis nos escritórios de engenharia e arquitetura. Com isso fazer a cópia de projetos se tornou algo muito mais fácil e rápido, a agilidade na produção permitiu a criação de croquis mais minuciosos e organizados, além dos profissionais trabalharem para vários clientes simultaneamente.

Com o passar do tempo, o sistema CAD se disseminou entre profissionais de Engenharia e arquitetura, tornando-se corriqueira sua utilização nos escritórios de projetistas, por conta disso estes começaram a se deparar com algumas desvantagens na plataforma. Houve a necessidades que precisavam ser supridas para minimizar transtorno na execução de suas atividades, como por exemplo a incompatibilidade entre projetos que ocasionavam prejuízos ao contratante e contratada do empreendimento, a geração de quantitativos e do planejamento físico-financeiro, que como eram feitas manualmente, se tornavam muito mais trabalhosas e dispendiosas. Buscando-se minimizar essas contrariedades, na virada dos anos 2000 surge Building Information Modeling – Modelagem de informações da Construção (BIM).

Essa tecnologia auxilia na elaboração de projetos, automatizando a geração de cortes, elevações, maquetes eletrônicas a partir da planta baixa, facilita a produção de orçamentos, a programação de um cronograma físico-financeiro da obra, e minimiza desperdícios de materiais por incompatibilidade na execução dos serviços.

A tecnologia CAD possibilitava uma boa visualização do que estava sendo criado e projetado, mas com o BIM pode-se aumentar o nível de exatidão do que seria obtido após a construção, em termos de compatibilização entre todos os subsistemas e componentes de um projeto.

Atualmente a utilização de metodologias defasadas nos processos de elaboração de projetos, gerenciamento e construção resultam em atrasos, orçamentos extrapolados e comumente baixa qualidade do produto final. Diante deste panorama, o trabalho proposto busca apresentar um comparativo entre as diferenças de custo-benefício nas duas plataformas na produção de projetos e orçamentos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

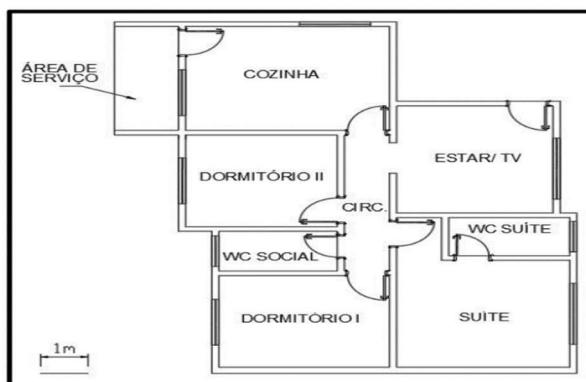
2.1 Sistema CAD

A substituição de desenhos feitos a mão por projetos executados com auxílio de programas computacionais, permitiu que estes fossem sujeitos a menos falhas humanas, facilitando dessa forma a modificação de plantas, que até então era uma atividade que demandava muito tempo para ser realizada.

Nessa época, o software que ficou mais conhecido foi o Autocad, que surgiu primeiramente em 2D (duas dimensões) e posteriormente passou para 3D (três dimensões). Esse avanço gerou uma grande revolução nos escritórios de engenharia e arquitetura, uma vez que facilitavam o arquivamento dos croquis (estes não precisavam ser necessariamente impressos), possibilidade de uma apresentação mais limpa e organizada dos projetos (sem marcas de borracha nos papéis) e consequentemente maior produtividade.

Nesse sistema todas as partes do projeto (cortes, elevações e plantas) são feitas inteiramente pelo projetista e qualquer modificação efetuada em um destes, deverá ser alterada de forma manual pelo desenhista nas demais plantas. Todo e qualquer tipo de quantitativos (alvenaria, revestimento, esquadrias, louças dentre outros materiais) devem ser calculados pelo próprio produtor uma vez que o programa não gera quantitativos automaticamente. A figura 1 demonstra um projeto de residência unifamiliar térrea elaborada no software Autocad 2D.

Figura 1 - Croqui executado no software Autocad 2D.



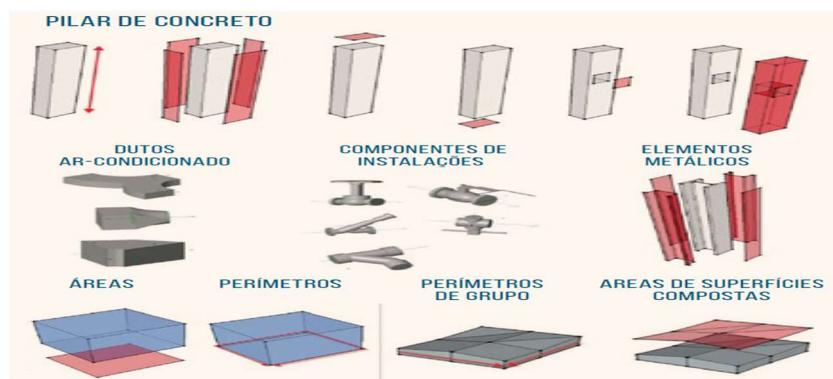
Fonte: LEÃO, NUNES, 2018.

Apesar de apresentar tais desvantagens, o programa ainda é muito manuseado em escritórios de projetos. Sua utilização se torna mais vantajosa para estagiários ou estudantes dos primeiros semestres dos cursos de engenharia ou arquitetura, uma vez que a produção manual desses desenhos auxilia no aprendizado desses acadêmicos. Para profissionais já estabelecidos se torna desvantajoso devido a necessidade de grande demanda de tempo para elaboração de projeto, orçamento e baixa oneração.

2.2 Sistema BIM

Segundo CATELANI (2016) o sistema BIM originou-se da evolução tecnológica CAD na virada dos anos 2000 e trouxe grandes mudanças na elaboração de projetos. Ele aperfeiçoou o trabalho em ambientes 3D e integrou todo o processo de produção em um só modelo, possibilitando uma análise mais profunda de todas as fases da construção.

A plataforma simula a construção e arquiva projetos, através do qual os profissionais da área podem trabalhar simultaneamente com um banco de dados capazes de gerar quantitativos, mudar automaticamente revisões do desenho em todas as plantas (planos, elevações, perspectivas etc.), além de possibilitar a interoperabilidade entre softwares (integração entre projetos elétricos, hidráulicos, arquitetônico etc.) e apontar possíveis erros por incompatibilidade entre eles (MOITINHO, 2020). A figura 2 mostra exemplos de levantamento de quantitativos realizados por soluções BIM. Podem ser aferidos detalhes de componentes (exemplo dos pilares) como a porção deles ou do conjunto de membros.

Figura 2 – Exemplos de extração de quantitativos através do BIM

Fonte: CATELANI, 2016.

Segundo FREITAS (2019) os benefícios gerados pela tecnologia BIM são essenciais, tanto para os profissionais do ramo da construção civil quanto para a sociedade como um todo, devido à redução de desperdícios de materiais por falhas na execução do trabalho.

Através desse sistema, os responsáveis pelo serviço, além de serem capazes de elaborar projetos com qualidade e rapidez, conseguem prever e evitar problemas futuros no canteiro de obra, minimizando assim o custo final da edificação.

Percebe-se, portanto, que esta plataforma oferece recurso para o planejamento de todas as etapas da edificação, desde o projeto até a fase de acabamento. A Figura 3 demonstra um problema de incompatibilização entre projetos. A localização e classificação das interferências é automática, e é gerada de acordo com o grau de dificuldades para a solução da inconsistência encontrada.

Figura 3 – Localização e classificação de interferências entre projetos

Fonte: CATELANI, 2016.

MACLEAMY (2017 apud Moitinho, 2020) afirma que normalmente os empreendimentos planejados na plataforma BIM priorizam o detalhamento dos projetos, por afetar diretamente no orçamento da obra e por possibilitar que, caso sejam feitas alterações está não venham agregar grande custo adicional.

3 METODOLOGIA

Para YIN (2009) o estudo de caso é um método de pesquisa que usa dados qualitativos com o intuito de explicar, explorar ou descrever situações. Gil (2006) afirma que esse modelo é recomendado para a elaboração de hipóteses ou remodelação de um problema e pode envolver observação de registros e acontecimentos. Assim, o estudo de caso mostrou-se como o melhor método de pesquisa a ser utilizado, a partir da qual foram analisadas as vantagens e desvantagens dos projetos e orçamentos produzidos em CAD e em BIM.

3.1 Etapas da Pesquisa

O estudo de caso iniciou-se pela pesquisa bibliográfica, por meio da coleta de informações teóricas acerca dos temas de estudo. No referencial teórico foram abordadas as funções que cada plataforma é capaz de fazer, com enfoque nos pontos de maior relevância para o trabalho. A escassez de recursos financeiros dos proprietários da residência impediu que a construção fosse planejada e executada por profissionais especializados na área, de modo que não foi possível disponibilizar nenhum tipo de documentação (projeto, orçamento, dentre outros) para que fosse utilizado neste trabalho.

Todas as plantas e orçamentos que foram empregados como base da presente pesquisa são de autoria própria. Realizou-se visitas in loco durante a faz de acabamento da residência (maio 2021), então para colher os dados necessários foram feitas análises visuais, levantamento da área da edificação, entrevista com os proprietários sobre os detalhes construtivos do imóvel e registro fotográfico. A figura 4 ilustra a edificação utilizada como objeto de estudo.

Figura 4 - Vista frontal e da fachada do imóvel, respectivamente.



Fonte: Autoras (2021)

Na etapa seguinte foi realizada uma pesquisa em quatro escritórios, no município de Santarém, para obter parâmetros do preço cobrado por projeto. Não serão expostos os nomes das empresas para preservar suas identidades. Com o auxílio do

programa Excel (Tabela 1) foi calculado o custo médio da atividade laboral de um profissional de engenharia para a elaboração de projetos.

Tabela 1 - Média da relação custo/hora para elaboração de projetos.

Empresa	Custo/hora trabalhada
A	R\$ 29,49
B	R\$ 25,96
C	R\$ 26,81
D	R\$ 27,75
Média	R\$ 27,50

Fonte: Autoras (2021)

No cotidiano, a precificação é emitida de acordo com a natureza do projeto. Em plantas arquitetônicas, por exemplo, normalmente é multiplicado a área do imóvel pelo valor de custo para elaboração do croqui mais o percentual de lucro cobrado pelo profissional. Ao coletar os valores fornecidos pelos escritórios, chegou-se a conclusão que o valor da hora média de um projetista custa R\$27,50. Nesse valor já está incluso o percentual de lucro pretendido. Nenhuma empresa informou sua margem de lucratividade durante as entrevistas.

Por conseguinte, simulou-se um regime de trabalho padrão de 8 horas diárias, cinco vezes por semana (segunda a sexta). Então migrou-se para a fase de execução das plantas (arquitetônica, hidrossanitária, elétrico e estrutural) em ambas as plataformas. Concomitantemente a isso, foi cronometrado a duração da produção dos projetos. Para modelagem dos desenhos foram utilizados o Autocad (CAD) e Revit (BIM), no auxílio dos cálculos de orçamentos utilizou-se o Excel.

Por fim construiu-se uma tabela com a medição das horas usufruídas na concepção das plantas e multiplicou-se esse valor pelos R\$27,50 aferidos anteriormente. A soma de todas as parcelas totalizou o valor que seria cobrado ao proprietário do imóvel para a obtenção dos projetos arquitetônico (planta baixa, cortes e elevações), elétrico, hidrossanitário e estrutural.

É importante salientar que o orçamento apresentado nas páginas subsequentes leva em consideração somente o custo da mão de obra produtora dos projetos, ou seja, do engenheiro ou arquiteto, visto que a quantidade de materiais seria a mesma ao ser quantificada nos dois softwares. Com todas as informações necessárias coletadas, tornou-se possível fazer uma análise a respeito da rentabilidade de produção de projetos em CAD e BIM respectivamente.

3.2 Descrição do empreendimento

O projeto residencial estudado no presente artigo refere-se a uma residência situada no município de Santarém, no estado do Pará. Possui terreno com 362,97m², sendo 54,98m² a área construída, distribuídos entre dois quartos, um banheiro, uma cozinha e uma sala de estar/jantar.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Tempo para elaboração dos projetos

Após a comparação dos dados na tabela, percebeu-se que na elaboração do projeto arquitetônico houve uma diferença de quase uma hora. A maior divergência de tempo utilizado demonstrou-se nos desenhos complementares à planta baixa (cortes e elevações), que contribuiu muito para o total de horas trabalhadas em cada software. Apesar dos demais projetos (hidrossanitário, elétrico e estrutural) não apresentarem um valor significativo, a somas de pequenas parcelas, juntamente com o adicional das três horas de serviço necessárias para a elaboração do projeto em CAD, determinou a duração do trabalho total.

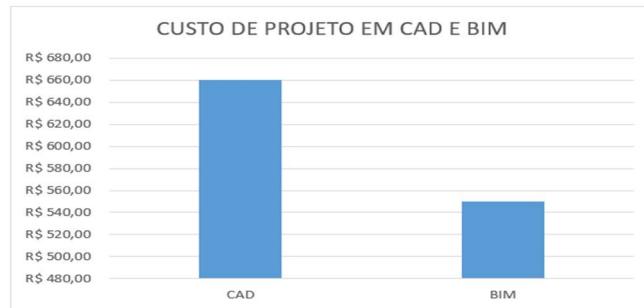
Tabela 2 – Relação hora/trabalho entre as plataformas CAD e BIM.

PROJETOS	TEMPO UTILIZADO (HORAS)	
	CAD	BIM
Planta Baixa (arquitetônico)	03:50	02:49
Cortes + Elevações	02:46	00:00
Hidrossanitário	03:06	03:42
Elétrico	04:49	04:26
Estrutural	08:52	08:37
TOTAL DE HORAS TRABALHADAS	23:23	19:34

Fonte: Autoras (2021)

Por se tratar de um imóvel de arquitetura simples e de pequeno porte, os projetos duraram entre 2 e 3 dias para serem concluídos seguindo a carga horária de 8 horas diárias.

Para evitar a obtenção de valores fracionados, optou-se por arredondar o tempo de trabalho do CAD para 24 horas e do BIM para 20 horas. Ao contabilizar o produto entre as horas de trabalho e o valor médio encontrado anteriormente, chegou-se à conclusão que os projetos executados no Autocad custariam R\$660,00 enquanto o do Revit custaria R\$550,00, como mostra o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Orçamento dos projetos do imóvel.

Fonte: Autoras (2021)

Os dados apontam que os projetos em BIM custaram cerca de 16,66% a menos do que os executados em CAD. Além de repassar um preço mais baixo para o cliente, ainda foi possível executar um trabalho mais rápido e eficiente. Em um regime de trabalho corriqueiro esse valor seria mais alto, uma vez que deveriam ser acrescentadas as despesas fixas para manutenção da empresa: luz, água, internet, encargos trabalhistas dentre outros encargos. A agilidade de produção contribui ainda para a possibilidade de trabalhar para mais clientes simultaneamente.

4.2 Viabilidade da localização prévia de falhas

A fase de elaboração de projetos comumente é marcada por modificações do mesmo, seja por se deparar com possíveis falhas na construção ou mesmo para alterar detalhes que não agradaram o cliente.

No decorrer do desenvolvimento dos croquis, foram encontradas algumas falhas, que devido a inexistência de projeto anterior a construção, não prejudicariam o desenvolvimento de alguns sistemas básicos do imóvel, evitando retrabalhos e consequentemente oneração de gastos no orçamento. Como o processo construtivo da casa não seguiu os padrões normativos das etapas construtivas, mesmo estando na fase de acabamento, a residência apresentava rede hidráulica inacabada.

Durante o processo de escavação para a construção da fossa, um dos colaboradores presentes percebeu que a tubulação que ligaria o banheiro e a fossa não teria escoamento com o percentual adequado para o descarte dos dejetos. Ao ser analisado os projetos que estavam parcialmente prontos no computador, percebeu-se que a edificação estava 10 centímetros a baixo do nível adequado. Isto é, a porção da frente do terreno estava mais alta que os fundos (local em que a casa estava situada). A figura 5 ilustra o empecilho encontrado pelo funcionário.

Figura 5 – Corte esquemático da edificação.



Fonte: Autoras (2021)

O contratempo foi resolvido, porém segundo os proprietários foi desembolsado aproximadamente R\$300,00 a mais dentro do que estava previsto. A interoperabilidade que o sistema BIM proporciona, foi possível identificar a incoerência no projeto hidráulico em contraste com a plataforma CAD.

4.3 Extração de orçamento

Na identificação dos dados necessários para o orçamento, o Autocad apresentou-se como um meio mais trabalhoso. A plataforma CAD disponibiliza uma ferramenta chamada “área”, que levanta essa quantidade em projetos. A grande desvantagem é que só é possível extrai-la de um ambiente por vez. Essa extração é feita somente em plano bidimensional, ou seja, ao extrair a área em uma planta baixa, só será possível quantificar exatamente com o auxilia de cortes e elevações.

Esses empecilhos facilitam consideravelmente uma falha humana. Por outro lado, o Revit mostrou-se mais rentável, uma vez que ao concluir a execução das plantas, o programa disponibilizou uma planilha automática com todas as quantidades exatas. Para isso elaborou-se um cadastramento prévio ao desenvolvimento das plantas, de tipos de blocos de alvenaria, revestimento, esquadria e outros materiais que seriam utilizados na construção da casa. O quadro 1 contém parcialmente a lista de materiais para revestimento de piso e parede do imóvel.

Quadro 1 - Relação fracionada de insumos gerados pelo Revit.

NOME	ÁREA	PERÍMETRO	Área de Reboco	Acabamento da parede
Térreo				
BWC Conjugado	3.82 m ²	7.82	23.15 m ²	Reboco Liso Pintado
Cozinha	8.17 m ²	11.48	33.98 m ²	Reboco Liso Pintado
Quarto	7.29 m ²	10.92	32.32 m ²	Reboco Liso Pintado
Sala de Estar/Jantar	19.43 m ²	19.18	56.77 m ²	Reboco Liso Pintado
Suite	8.97 m ²	11.98	35.46 m ²	Reboco Liso Pintado
Total geral	47.68 m ²	61.38	181.68 m ²	
	47.68 m ²	61.38	181.68 m ²	

Fonte: Revit (2021)

Essas atribuições dos programas BIM permitem que o profissional apresente cálculos mais rápidos, transparentes e preciosos, facilitando desta forma o cumprimento do cronograma físico-financeiro da obra. Seus benefícios proporcionam melhores formas de trabalho e de resultados, tornando os profissionais capacitados nesta tecnologia grandes competidores no mercado de trabalho, desde o controle gerencial de projetos até o canteiro de obras.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dos resultados obtidos observou-se uma diferença significativa na mensuração de produtividade em cada software. O programa representante da plataforma BIM (Revit) apresentou-se como uma ferramenta altamente rentável na razão hora/trabalho quando comparado com o Autocad. Ademais o reconhecimento prévio de incompatibilidades entre os subsistemas de projeto, proporcionados pela interoperabilidade que a tecnologia BIM oferece, apresentou-se novamente como um grande pivô na economia do orçamento além de evitar retrabalhos.

Por fim, a extração automática de quantitativos de materiais reduziu consideravelmente a possibilidade de falhas humanas na geração do orçamento. A apresentação de um orçamento mais preciso, claro e transparente oferece benefícios para contratados, que tem acesso ágil aos dados do projeto e ao contratante por ter economia no custo final do empreendimento.

REFERÊNCIAS

CATELANI, W S. **10 Motivos para evoluir com o BIM.** Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2016.

CATELANI, W S. **Fundamentos BIM – Parte 1: Implementação do BIM para construtoras e Incorporadoras.** Brasília: Gadioli Cipolla, 2016.

COSTA, Giovani C.L.R; RIBEIRO, Sidnea E.C; FIGUEIREDO, Silvia H. **Revista Ensino de Engenharia,** Minas Gerais, 2015.

FREITAS, L.N. **Análise comparativa entre projetos de edificações utilizando métodos tradicionais e Bim.** Brasília, 2019.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

LEÃO, M; NUNES, G.H. **Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM.** Revista de Engenharia Civil, Mato Grosso, 2018.

LINO, R.A. **Análise dos benefícios da adoção da tecnologia BIM em comparação com a tecnologia CAD através de estudo de caso em edificação residencial de pequeno porte.** Palmas, 2019.

MOITINHO, M.L. **Análise comparativa orçamentária de um projeto residencial utilizando os softwares revit e autocad: estudo de caso.** Delmiro Gouveia, 2020

YIN, R.K. **Case study research, design and methods (applied social research methods).** California, 2009)

PESQUISAS EM TEMAS DE ENGENHARIAS

VOLUME 5



PESQUISAS EM TEMAS DE ENGENHARIAS

VOLUME 5

RFB Editora
Home Page: www.rfbeditora.com
Email: adm@rfbeditora.com
WhatsApp: 91 98885-7730
CNPJ: 39.242.488/0001-07
R. dos Mundurucus, 3100, 66040-033, Belém-PA

