

PESQUISAS EM TEMAS DE Ciências Exatas e da Terra

VOLUME 3

Ednilson Sergio Ramalho de Souza
(Editor)



PESQUISAS EM TEMAS DE Ciências Exatas e da Terra

VOLUME 3

Ednilson Sergio Ramalho de Souza
(Editor)

Volume 3

PESQUISAS EM TEMAS DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA

Edição 1

Belém-PA



© 2022 Edição brasileira
by RFB Editora
© 2022 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
Av. Augusto Montenegro, 4120 - Parque Verde, Belém - PA,
66635-110

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.9786558892571>

**Catálogo na publicação
Elaborada por RFB Editora**

P474

Pesquisas em temas de ciências exatas e da terra / Ednilson Sergio Ramalho de Souza (Editor) – Belém: RFB, 2022.

(Pesquisas em temas de ciências exatas e da terra, V.3)

Livro em PDF

3.600 KB., il.

ISBN: 978-65-5889-257-1

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571

1. Ciências Exatas e da Terra. I. Souza, Ednilson Sergio Ramalho de (Editor). II. Título.

CDD 370

Índice para catálogo sistemático

I. Ciências Exatas e da Terra.



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!

Equipe RFB Editora



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
CAPÍTULO 1	
ESTUDO DA UTILIZAÇÃO E VIABILIZAÇÃO PÓS-PANDEMIA DE LAJES PRÉ-MOLDADAS EM OBRAS RESIDENCIAIS	11
José Victor Batista da Silva	
Allan Dallen Almeida de Sousa	
DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.1	
CAPÍTULO 2	
ESTUDO DE RESISTÊNCIA DO CONCRETO ACRESCENTANDO A LÃ DE VIDRO	25
Alexandre Silva de Arruda	
Allan Dallen Almeida de Sousa	
DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.2	
CAPÍTULO 3	
COMANDOS UTILIZADOS NO SOFTWARE R PARA INTERPRETAÇÃO ESTATÍSTICA DE BANCO DE DADOS	37
Daniele de Brito Trindade	
Luzia Almeida Couto	
Jéssica Souza Coqueiro	
DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.3	
CAPÍTULO 4	
ESTUDO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE UM REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DIGITAL.....	53
Jéssica Angel Mariscal Pereira de Sousa Fernandes	
Prof. Me. Luciano Bergamo	
DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.4	
CAPÍTULO 5	
SNAKE CLASSIFIER: APLICATIVO MÓVEL PARA CLASSIFICAÇÃO DE SERPENTES PEÇONHENTAS	67
Emanuel Airton Mendes Machiaveli	
Juan Morysson Viana Marciano	
Felipe Gonçalves dos Santos	
DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.5	
CAPÍTULO 6	
ALGUMAS PROPRIEDADES DO DIPOLO ELÉTRICO NO VÁCUO	81
Damião Pedro Meira Filho	
José Reginaldo Pinto de Abreu	
Glairton Lima Nogueira	
Arthur Vinícius de Brito	
Emerson Ricardo de Moraes	
Silvinho Campos Amorim	
DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.6	
CAPÍTULO 7	
LICENCIANDOS/AS EM MATEMÁTICA E A EXPERIÊNCIA COM GEOMETRIA ANALÍTICA.....	99
Gildelson Felicio de Jesus	

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.7

CAPÍTULO 8

**MÉTODO PARA CALCULAR RAIZ 2ⁿ-ÉSIMA DE UM NÚMERO COMPLEXO E
UMA PEQUENA EXTENSÃO PARA OS QUATÉRNIOS E OCTÔNIOS117**

Marlon José da Silva Mota

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.8

CAPÍTULO 9

**OS SABERES MATEMÁTICOS PRESENTES NAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS
DE CÁLCULO DE ÁREAS.....141**

Robson Luiz Costa Santos Arraes

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.9

CAPÍTULO 10

**A ROBÓTICA EDUCACIONAL COMO FERRAMENTA METODOLÓGICA
NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM ITERDISCIPLINAR161**

Elissando Rocha da Silva

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.10

CAPÍTULO 11

**O ENSINO DA PROGRESSÃO ARITMÉTICA COM O AUXÍLIO DE MATE-
RIAS MANIPULÁVEIS: UMA PROPOSTA PARA O 2º ANO DO ENSINO
MÉDIO.....181**

Beatriz Nascimento da Luz

Luciana Silva da Luz

Tamara Siqueira Monteiro

Larisse Lorrane Monteiro Moraes

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.11

CAPÍTULO 12

**A IMPORTÂNCIA DE ARISTÓTELES PARA A FILOSOFIA, PARA A CIÊNCIA,
PARA A BIOLOGIA E PARA O DESENVOLVIMENTO DA FÍSICA.....195**

Adriano Remorini Tralback

Ana Paula Rodrigues

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.12

CAPÍTULO 13

**O GÊNIO CHAMADO ISAAC NEWTON E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA AS
CIÊNCIAS205**

Adriano Remorini Tralback

Ana Paula Rodrigues

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.13

APRESENTAÇÃO

Prezad@s,

Satisfação! Esse é o sentimento que vem ao meu ser ao escrever a apresentação deste magnífico livro. Não apenas porque se trata do volume 3 da Coleção Pesquisas em Temas de Ciências Exatas e da Terra, 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: Matemática, Probabilidade e Estatística, Ciência da Computação, Astronomia, Física, Química, Geociências. Tal área suscita, portanto, uma gama de possibilidades de pesquisas e de relações dialógicas que certamente podem ser relevantes para o desenvolvimento das Ciências Exatas brasileiras.

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 Ciências Exatas e da Terra, 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 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
RFB Editora





CAPÍTULO 1

ESTUDO DA UTILIZAÇÃO E VIABILIZAÇÃO PÓS-PANDEMIA DE LAJES PRÉ-MOLDADAS EM OBRAS RESIDENCIAIS¹

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

José Victor Batista da Silva²
Allan Dallen Almeida de Sousa³

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.1

¹ Republicação e Retificação
² UNAMA-UNIVERSIDADE DA AMAZÔNIA
³ UNAMA-UNIVERSIDADE DA AMAZÔNIA

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.

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.

Palavras-chave: Lajes Pré-moldas, análise de utilização, viabilização

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 ideais 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 significativa 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.

1.1 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.

2 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, todas 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 1911, 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 apoiada 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 início 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 formatado 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 dispões 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 tabelas 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 tabelas. Após a colocação das vigotas T, as tabelas 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 começaram 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 mais 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, mais 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**.

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

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

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.

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

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

FIGURAS

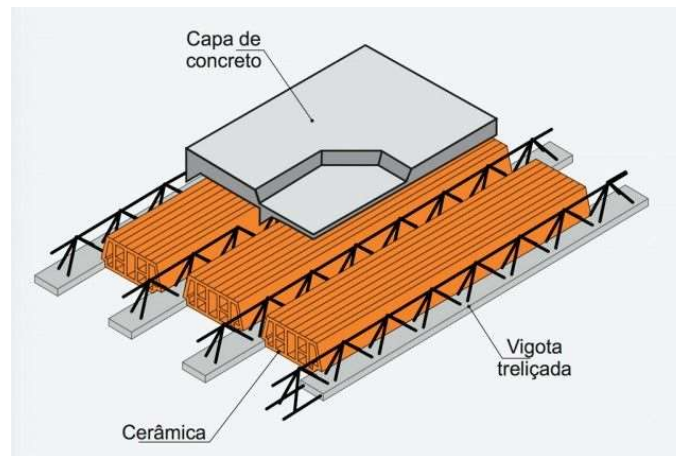


Figura (1) exemplo de Laje Pré-moldada treliçada com lajota (Pinterest).

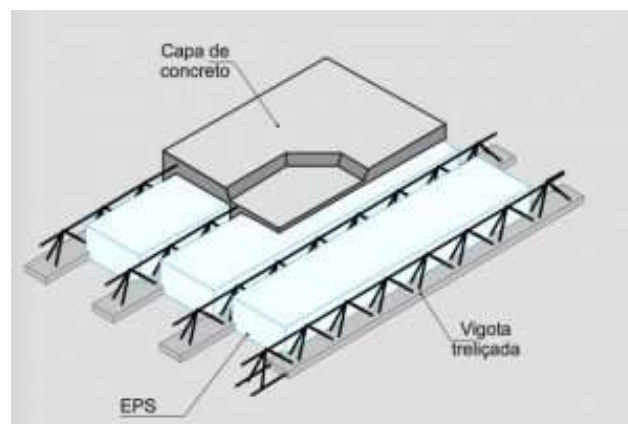


Figura (2) exemplo de Laje Pré-moldada treliçada com EPs (isopor).

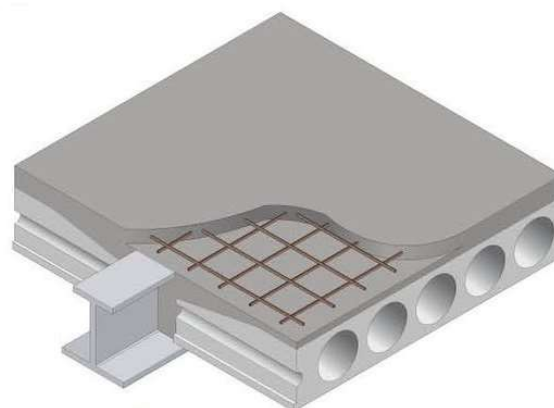


Figura (3) exemplo de Laje Pré-moldada alveolar (Pinterest).

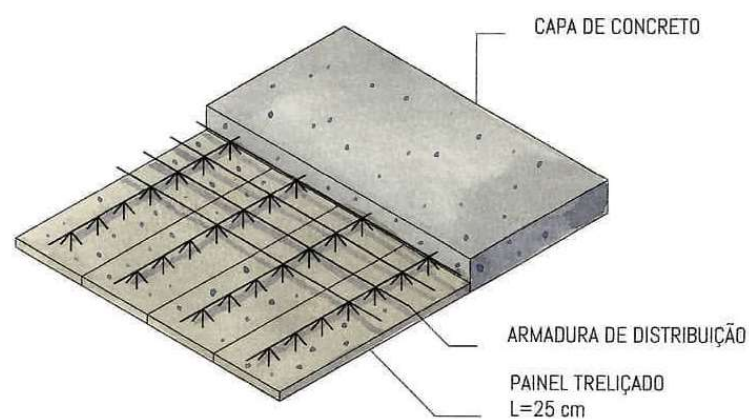


Figura (4) exemplo de Laje Pré-moldada com painéis treliçados.

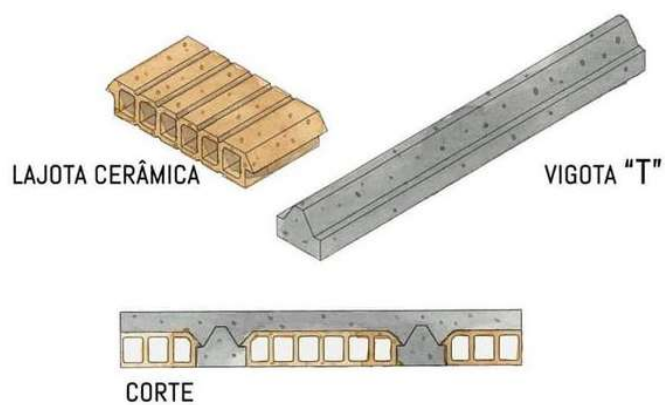


Figura (5) exemplo de Laje Pré-moldada com vigota T (Pinterest).





CAPÍTULO 2

ESTUDO DE RESISTÊNCIA DO CONCRETO ACRESCENTANDO A LÃ DE VIDRO¹

*STRENGTH STUDY OF CONCRETE ADDING GLASS
WOOL*

Alexandre Silva de Arruda
Allan Dallen Almeida de Sousa

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.2

¹ Republicação e Retificação do Artigo

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 an 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 plasticize ror water reducer, in addition to this type of additive there are other very good ones, whent 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, amongothers. 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 noto f 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 lâ de vidro nas propriedades de trabalhabilidade e resistência à compressão. A lâ 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 lâ de vidro são perdidas elas são descartadas facilmente em aterros sem qualquer reaproveitamento ou utilidade, desde então podemos rever esse conceito utilizando a própria lâ 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 máquinas de prensas, realizar e confeccionar o concreto para aprofundar mais 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 materiais 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 dá 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, atingi 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 sem ocasionar 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 está 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 á 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, 19mm, 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 máquinas, em seguida é verificada a sua resistência aplicando uma força contínua até que corpo de prova se rompa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O slump test conforme o previsto foi fixado em 90 ± 10 mm 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 concluiu 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

ANDRIOLO, 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 - Ensaio 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 3

COMANDOS UTILIZADOS NO SOFTWARE R PARA INTERPRETAÇÃO ESTATÍSTICA DE BANCO DE DADOS

*COMMANDS USED IN SOFTWARE R FOR STATISTICAL
DATABASE INTERPRETATION*

Daniele de Brito Trindade¹
Luzia Almeida Couto²
Jéssica Souza Coqueiro³

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.3

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – campus Guanambi, daniele.trindade@ifbaiano.edu.br
² Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC, lacouto@uesc.br
³ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, je.coqueiro98@gmail.com

RESUMO

Para a aplicação dos fundamentos estatísticos o *software* R é um dos mais utilizados, sendo que essa tecnologia possibilita a implementação dos cálculos estatísticos de forma prática e rápida através da inserção dos dados em códigos pré-existentes. O presente trabalho teve como objetivo apresentar os principais comandos inseridos no *software* R para análise descritiva e exploratória de dados, ANOVA, validação dos pressupostos dos testes e comparação de médias utilizados em Couto, Coqueiro e Trindade (2020), usando como base os dados obtidos em Couto et. al. (2019). O banco de dados, intitulado “dados_banana.txt”, continha os resultados de um experimento, em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em que foram realizadas análises físico-químicas, Brix^o, pH e Acidez titulável, de quatro tratamentos. Para realização do presente estudo, utilizou-se o *software* R, versão 3.5.0, e os comandos, bem como as saídas dos resultados no *software* R, são apresentados. A compreensão da estatística permite ao pesquisador obter resultados confiáveis dos estudos executados e melhor compreensão pra interpretação dos dados. Em relação aos *softwares* estatísticos, estes são de grande importância para realizar análises estatísticas de dados, visto que estes possuem maior praticidade para o desenvolvimento de pesquisas e trabalhos, além de diminuir os índices de erro durante as análises. O *software* R possui, sobretudo, maior facilidade por sua interface simples e compreensível, maior rigor estatístico, diferentes possibilidades de análises e ainda possui acesso gratuito. Este artigo é importante para a comunidade acadêmica, pois auxilia na análise dos dados utilizando um *software* gratuito e de reconhecimento mundial.

Palavras-chave: Comandos. *Software* R. Análise descritiva. ANOVA. Teste de Tukey.

ABSTRACT

For the application of statistical fundamentals, the R software is one of the most used, and this technology enables the implementation of statistical calculations in a practical and fast way by inserting data in pre-existing codes. This study aimed to present the main commands entered in the R software for descriptive and exploratory data analysis, ANOVA, validation of test assumptions and comparison of means used in Couto, Coqueiro and Trindade (2020), using the data obtained as a basis. in Couto et. al. (2019). The database, entitled “dados_banana.txt”, contained the results of an experiment, in a completely randomized design (DIC), in which physicochemical analyzes, Brix^o, pH and titratable acidity, of four treatments were performed. To carry out this study, the R software, version 3.5.0, was used, and the commands, as well as the outputs of the results in the R software, are presented.

The understanding of statistics allows the researcher to obtain reliable results from the studies carried out and better understanding of data interpretation. In relation to statistical software, these are of great importance to perform statistical analysis of data, as they are more practical for the development of research and work, in addition to reducing error rates during analysis. The R software is, above all, easier due to its simple and understandable interface, greater statistical rigor, different possibilities for analysis and it also has free access. This article is important for the academic community, as it assists in data analysis using a free and world-recognized software.

Keywords: Commands. Software R. Descriptive analysis; ANOVA; Tukey test.

1 INTRODUÇÃO

A estatística é uma das principais ferramentas científicas utilizadas para apuração e interpretação de dados obtidos através das mais variadas pesquisas. Sua principal função consiste em possibilitar a produção de conhecimento técnico específico por meio da coleta, descrição, organização, análise e interpretação dos resultados disponíveis, sendo fundamental e indispensável para elaboração de trabalhos acadêmicos (NAVES, et. al., 2018).

Tudo se inicia com a formulação de hipóteses estatísticas que tem como finalidade serem respostas provisórias as questões estudadas, mediante parâmetros teóricos comuns a todas as áreas do conhecimento técnico (LIMA E LIMA, 2014). No âmbito estatístico, todos os fatores que podem interferir, direta ou indiretamente, no objeto de estudo precisam ser considerados, já que estes direcionam as respostas que serão obtidas a partir dos testes realizados (CRESPO, 2017).

Para a aplicação dos fundamentos estatísticos, o *software* R é um dos mais utilizados, sendo que essa tecnologia possibilita a implementação dos cálculos estatísticos de forma prática e rápida através da inserção dos dados em códigos pré-existentes. Por meio do *software* R é possível realizar testes de natureza paramétrica e não paramétrica, modelos lineares e não lineares, estatística espacial, series temporais, entre outras, além de permitir a criação de diversos tipos de gráficos que facilitam o entendimento por parte dos leitores (PIRES, 2017).

O R trata-se de um programa gratuito para tratamento de dados, possuindo linguagem simples e de fácil compreensão, que permite interação com outros programas estatísticos, como também de banco de dados contendo informações dos tratamentos utilizados em determinada pesquisa. Uma das principais característi-

cas do *software* R é que ele possui o seu código fonte aberto, o que significa que metodologias inovadoras podem ser constantemente desenvolvidas por seus usuários, que variam entre as mais diversas áreas do conhecimento (DE SOUZA, et. al., 2014).

Por conseguinte, o presente trabalho teve como objetivo apresentar os principais comandos inseridos no *software* R para análise descritiva e exploratória de dados, comparação de médias, validação dos pressupostos da ANOVA e comparação de médias utilizados em Couto, Coqueiro e Trindade (2020). Para tanto, foi utilizada a base de dados apresentada em Couto et al. (2019).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Estatística

A estatística é uma ciência que emprega a análise dos dados com finalidade de testar as hipóteses estatísticas. Assim, é possível averiguar a existência de associações entre grupos ou a veracidade de fenômenos de interesse na pesquisa. Ao formular hipóteses, o pesquisador deve observar os fenômenos que ocorrem na população e, em seguida, retirar uma amostra desta população com o objetivo de testar suas hipóteses. A amostra apresenta semelhança com a população de onde foi extraída, proporcionando aos resultados da análise dos dados maior confiabilidade para a elucidação das hipóteses. A análise estatística empregada em pesquisas científicas e descrita nos artigos permite ao leitor interpretar as informações oriundas dos dados coletados durante o desenvolvimento de uma pesquisa (RODRIGUES, LIMA E BARBOSA, 2017).

2.2 Análise descritiva: Conceitos básicos

A análise descritiva pode ser compreendida como uma fase inicial do processo de estudos dos dados. Após obter os dados resumidos, torna-se possível para o pesquisador procurar possíveis regularidades ou padrões nas observações, permitindo-lhe realizar a interpretação dos mesmos, descrevendo os aspectos importantes de um conjunto de características observadas ou comparar tais características entre dois ou mais conjuntos (REIS E REIS, 2002).

A estatística descritiva é empregada para descrever os dados utilizando-se números ou medidas estatísticas que possam melhor representar todos os dados coletados durante o desenvolvimento de uma pesquisa. Esta etapa é um passo inicial para a escolha adequada dos testes de hipóteses, sendo necessário conhecer qual estatística é mais apropriada para os mais diferentes níveis de mensuração (VIEIRA E WADA, 2017).

Na estatística descritiva são avaliadas as medidas de tendência central, as separatrizes e as medidas de dispersão. Quando se ordena os dados, ou seja, se constrói um rol, é possível definir o valor máximo (X_{\max}) e o valor mínimo (X_{\min}) do conjunto de dados, estas medidas são necessárias pra calcular a amplitude total dos dados, ou seja, $AT = X_{\max} - X_{\min}$ (MORETTIN E BUSSAB, 2004).

As medidas de tendência central utilizam um determinado valor, denotado valor mais típico, para representar os demais valores obtidos em determinada pesquisa. Vale salientar que, a principal medida de tendência central é a média (MORETTIN E BUSSAB, 2004). A média agrupa todos os valores da pesquisa, sendo compreendida como o resultado da soma de todos os valores de um conjunto de dados (x_i) dividida pelo número de valores que foram somados (n). Desta forma, considere X uma variável aleatória analisada na pesquisa, a média (\bar{X}) é apresentada na Equação (1).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \text{Eq (1)}$$

As separatrizes dividem os dados ordenados crescentemente em partes iguais. Assim, as principais separatrizes são os quartis e a mediana. Vale lembrar que, a mediana também é uma medida de tendência central.

A mediana (Md) trata-se do valor numérico que se situa ao meio da distribuição dos demais valores quando organizados em ordem crescente, ou seja, a mediana divide o conjunto de dados em duas partes iguais (50%). O elemento mediano (P) é a ordem ou a posição da mediana na distribuição. Quando os dados são não agrupados, primeiramente é observado o número total de observações do conjunto de dados (n). Assim,

$$P = \begin{cases} \frac{n+1}{2}, & n \text{ é ímpar} \\ \frac{n}{2} \text{ e } \frac{n}{2} + 1, & n \text{ é par} \end{cases}$$

Vale salientar que, quando n é par o valor mediano é a média aritmética entre os valores centrais (MORETTIN E BUSSAB, 2004).

Os quartis são responsáveis por dividir um conjunto de dados em quatro partes iguais, desse modo, cada parte contém 25% desses elementos. A posição do quartil pode ser calculada conforme a Equação (2).

$$P_i = i \cdot \frac{(n+1)}{4}, \text{ em que } i = 1, 2, 3 \quad \text{Eq (2)}$$

A medida de dispersão usa um valor que desponta o modo como os dados variam em volta desse valor que é mais característico. As principais medidas de dispersão são a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação (MORETTIN E BUSSAB, 2004; REIS E REIS, 2002).

O desvio padrão, denotado por **DP**, é uma medida que estima o grau de dispersão de um conjunto de dados. É comumente usada para demonstrar a variabilidade dos dados, quanto mais próximo de zero, maior a homogeneidade dos dados (SILVESTRE, 2007). O desvio padrão é calculado seguindo a fórmula apresentada na Equação (3).

$$DP = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}} \quad \text{Eq (3)}$$

O coeficiente de variação, denotado por **CV**, expressa a variabilidade dos dados sem a influência da ordem de grandeza da variável. Desta forma, quanto menor for o **CV**, mais homogêneos serão os dados. Assim, o **CV** é mostrado na Equação (4).

$$CV = \frac{DP}{\bar{X}} \times 100 \quad \text{Eq (4)}$$

2.3 ANOVA

A análise de variância (ANOVA) é um modelo estatístico que visa testar as médias de três ou mais tratamentos, com a finalidade de averiguar se há diferença significativa, ao nível $\alpha\%$ de significância. Para isto, utiliza-se de duas hipóteses: a hipótese nula (**H₀**) e a alternativa (**H₁**). A **H₀** apresenta a hipótese de igualdade entre as médias dos tratamentos. Isto significa que, estatisticamente, os tratamentos são iguais, ao nível $\alpha\%$ de significância. Já **H₁** mostra a hipótese de que pelo menos uma média difere estatisticamente das demais, ao nível $\alpha\%$ de significância. (MORETTIN E BUSSAB, 2004; DA ROCHA E JUNIOR, 2018).

Tabela 1 - Tabela da Análise de Variância (ANOVA) para experimentos considerando o Delineamento Inteiramente Casualizados (DIC).

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	F
Tratamento	$I - 1$	SQ_{Trat}	$QM_{Trat} = \frac{SQ_{Trat}}{(I - 1)}$	$\frac{QM_{Trat}}{QM_{Res}}$
Erro experimental (Resíduos)	$I(J - 1)$	SQ_{Res}	$QM_{Res} = \frac{SQ_{Res}}{I(J - 1)}$	
Total	$I \times J - 1$	SQ_{Total}		

Nota: GL = graus de liberdade; SQ = soma dos quadrados; QM = quadrado médio; F = estatística de teste da tabela F de Snedecor; I = número de tratamentos; J = número de repetições.

Fonte: Pereira, 2015.

Os cálculos necessários para obter as somas dos quadrados dos tratamentos (SQ_{Trat}), resíduos (SQ_{Res}) e total (SQ_{Total}) são apresentados na Equação (5).

$$C = \frac{(\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J Y_{ij})^2}{n} = \frac{Y_{11} + \dots + Y_{1J} + \dots + Y_{I1} + \dots + Y_{IJ})^2}{n}, \text{ em que } n = I \times J$$

$$SQ_{total} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J Y_{ij}^2 - C$$

$$SQ_{trat} = \sum_{i=1}^I \frac{Y_i^2}{J} - C \text{ em que } Y_i = \sum_{j=1}^J Y_{ij}$$

$$SQ_{Res} = SQ_{total} - SQ_{trat}$$

Eq (5)

2.3.1 Pressupostos da ANOVA

2.3.1.1 Testes para normalidade

A averiguação do pressuposto de normalidade da distribuição dos dados é efetiva para que as técnicas estatísticas sejam empregadas de forma coesa. O teste de *Shapiro-Wilk* (SHAPIRO; WILK, 1965) é utilizado para verificar a hipótese de normalidade no conjunto de dados. Rejeita-se a hipótese de normalidade se o p -valor for menor que o nível $\alpha\%$ de significância do teste. Em casos onde esta hipótese não é atendida, ocorre perda de eficiência na estimação dos efeitos de tratamentos. Além disso, ocorre o ingresso de erro no nível de significância (LIMA E LIMA, 2014).

2.3.1.2 Testes para homoscedasticidade

Utiliza-se, geralmente, o teste de *Bartlett* (BARTLETT, 1937), com a finalidade de verificar a homoscedasticidade das variâncias dos grupos. Este teste é

o mais indicado quando os dados das variáveis seguem distribuição aproximadamente normal, considerando o padrão de homogeneidade de variâncias. A falta de homogeneidade de variância refere-se a quebras de suposição básica, especialmente, para os modelos não balanceados e os modelos de efeitos aleatórios (MORETTIN E BUSSAB, 2004). Rejeita-se a hipótese de homoscedasticidade se o p -valor for menor que o nível $\alpha\%$ de significância do teste.

2.4 Teste de Tukey

O teste de *Tukey* consiste em comparar as médias duas a duas, podendo ocorrer sobreposição entre os grupos de médias analisados (CANTERI et al., 2001). Ainda é usado para analisar comparações múltiplas das médias, tendo como desígnio calcular a diferença mínima significativa, podendo testar qualquer contraste entre duas médias, uma vez que utiliza valores críticos da amplitude studentizada, que denotamos por q (OLIVEIRA, 2008).

Conforme apresentado em Oliveira (2008), a estatística de teste é obtida por meio da Equação (6).

$$HSD = q_{(k,gl,\alpha)} \sqrt{\frac{QMRes}{r}} \quad \text{Eq (6)}$$

Onde, $q_{(k,gl,a)}$ é denominado amplitude studentizada e é encontrado na tabela de amplitude studentizada q , também conhecida como Tabela de Tukey, ao nível de significância a , para k tratamentos e gl graus de liberdade do resíduo da ANOVA; $QMRes$ equivale ao quadrado médio dos resíduos da ANOVA e r corresponde ao número de repetições de cada um dos grupos analisados.

2.5 Software R

Desenvolvido na década de 1990, o *software* R (R Core Team, 2015) ganha cada vez mais usuários. Trata-se de uma plataforma gratuita para desenvolvimento de análises estatísticas básicas e avançadas, tornando-se uma ferramenta bem fundamentada e completa, visto que sua capacidade é constantemente aumentada por meio de pacotes (packages) instituídos por qualquer colaborador que deseja em compartilhar seus programas. Devido a esta extensa lista de colaboradores, é possível encontrar diversas formas de se realizar uma mesma análise estatística no R. (MANCUSO et al., 2018).

O fato de existir uma comunidade ativa de desenvolvedores possibilita ao *software* R abranger uma enorme gama de disciplinas para analisar dados e rodar

diferentes análises estatísticas. O *Software R* contempla a manipulação de dados, cálculo e exibição gráfica, permitindo eficiência para tratamento e armazenamento de dados, cálculos numéricos em vetores e matrizes, ferramentas intermediárias para análise, exibição das análises na tela ou em console, além de sua linguagem de programação bem desenvolvida (DA SILVA SMOLSKI, et al., 2018).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado o banco de dados oriundo do artigo intitulado “Análise microbiológica e físico-química de banana desidratada submetida a diferentes tratamentos” (COUTO et al., 2019). O seguinte banco de dados foi intitulado “dados_banana.txt”, sendo que o mesmo continha os resultados de análises físico-químicas, sendo elas Brix°, pH e Acidez titulável. Os valores apresentados são dos quatro tratamentos e das três repetições que foram realizadas nas bananas testadas, de um experimento em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). Para realização do presente estudo utilizou-se o *software R*, versão 3.5.0, cujos resultados e discussão são apresentados em Couto, Coqueiro e Trindade (2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para abrir um banco de dados no *software R* é necessário utilizar o comando `read.table()`. Lembrando que `()` deve ser inserido o nome do banco e a extensão, além disso, se as variáveis no banco de dados são nomeadas, deve-se colocar `header=TRUE`. Portanto, o comando é

`dados = read.table("dados_banana.txt", header = TRUE); dados.`

Figura 1 - Inserção do comando para abertura do banco de dados.

```
> dados = read.table("dados_banana.txt", header = TRUE)
> dados
  ID REP BRIX  pH ACIDEZ_T
1  T1  R1  5.6 5.5      2.6
2  T1  R2  5.9 5.7      2.5
3  T1  R3  5.7 5.4      2.4
4  T2  R1  7.2 5.3      2.6
5  T2  R2  7.1 5.1      2.8
6  T2  R3  7.4 5.6      2.5
7  T3  R1  6.5 5.1      3.8
8  T3  R2  6.8 5.3      3.6
9  T3  R3  6.4 5.5      3.9
10 T4  R1  5.8 4.7      5.4
11 T4  R2  5.9 4.6      5.2
12 T4  R3  6.0 4.9      5.6
```

Fonte: Autoras, 2021.

Note que, as variáveis quantitativas Brix°, pH e Acidez titulável, são representadas no banco de dados por **BRIX**, **pH** e **ACIDEZ_T**, respectivamente. A variável

qualitativa Tratamento é denotada por **ID** no banco de dados, como mostra a Figura 1.

Vale salientar que, o objeto **dados** é utilizado para salvar o banco de dados. Como na sequência diversas análises com estes dados serão realizadas, o comando **attach()** deve ser utilizado para anexar o objeto ao caminho de procura para simplificar a digitação. Ou seja, para chamar as variáveis basta escrever os seus respectivos nomes. Se não utilizar o comando **attach()**, para chamar a variável **BRIX** deve-se utilizar o comando **dados\$BRIX**.

Figura 2 - Inserção do comando para anexar o objeto facilitando a digitação.

```
> attach(dados)
>
> dados$BRIX
[1] 5.6 5.9 5.7 7.2 7.1 7.4 6.5 6.8 6.4 5.8 5.9 6.0
>
```

Fonte: Autoras, 2021.

Os comandos a seguir serão apresentados considerando apenas a variável **BRIX**. Vale salientar que, os comandos para as outras variáveis são os mesmos, modificando apenas o nome da variável. Além disso, os resultados apresentados neste artigo já foram devidamente interpretados em Couto, Coqueiro e Trindade (2020).

Para calcular as medidas descritivas, o usual é obter um resumo das variáveis quantitativas para cada nível do fator qualitativo. O comando para calcular mínimo, 1º quartil, mediana, média, 3º quartil e máximo é o **tapply(BRIX, ID, summary)** e a saída com os resultados é apresentada na Figura 3.

Figura 3 - Inserção do comando para obter resumo das variáveis quantitativas.

```
>
> tapply(BRIX, ID, summary)
$`T1`
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 5.600   5.650   5.700   5.733   5.800   5.900

$T2
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 7.100   7.150   7.200   7.233   7.300   7.400

$T3
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 6.400   6.450   6.500   6.567   6.650   6.800

$T4
  Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
 5.80    5.85    5.90    5.90    5.95    6.00
```

Fonte: Autoras, 2021.

Para calcular o desvio padrão, utiliza-se o comando **tapply(BRIX, ID, sd)**. O coeficiente de variação é calculado através do comando **CV_BRIX = tapply(BRIX,**

ID, sd)/ `tapply(BRIX, ID, mean)`; `CV_BRIX` . As saídas são apresentadas na Figura 4.

Figura 4 - Comando para cálculo do desvio padrão.

```
> tapply(BRIX, ID, sd)
      T1      T2      T3      T4
0.1527525 0.1527525 0.2081666 0.1000000
> CV_BRIX = tapply(BRIX, ID, sd)/tapply(BRIX, ID, mean); CV_BRIX
      T1      T2      T3      T4
0.02664288 0.02111786 0.03170050 0.01694915
> |
```

Fonte: Autoras, 2021.

O método da análise de variância (ANOVA) pode ser visto como uma extensão do teste *t* de Student para amostras independentes. Como no teste *t* de amostras independentes, o método da ANOVA compara uma medida da magnitude da variabilidade observada dentro das *k* amostras com uma medida da variabilidade entre as médias das *k* amostras. A ANOVA é realizada através do comando `aov()`. Para tanto, é necessário informar qual variável de interesse (**BRIX**, **pH** e **ACIDE-Z_T**) está em função do tratamento (**ID**). Assim, o comando para ANOVA e os seus respectivos resultados são:

```
BRIX.av = aov(BRIX ~ factor(ID))
summary(BRIX.av)
```

Figura 5 - Inserção do comando para elaboração da análise de variância (ANOVA).

```
> BRIX.av = aov(BRIX ~ factor(ID))
> summary(BRIX.av)
      Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
factor(ID)  3  4.229   1.410   56.39 1e-05 ***
Residuals   8  0.200   0.025
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> |
```

Fonte: Autoras, 2021.

Para validar os pressupostos da ANOVA é necessário realizar os testes para normalidade e homoscedasticidade, utilizando os seguintes comandos. Inicialmente, calcula-se os resíduos do modelo da ANOVA através do comando `residuo = BRIX.av$res`. Os testes de normalidade e homoscedasticidade são definidos pelos comandos `shapiro.test(residuo)` e `bartlett.test(BRIX ~ factor(ID))`, respectivamente e os resultados apresentados na Figura 6.

Figura 6 - Inserção do comando para validação dos pressupostos da análise de variância (ANOVA).

```

> residuo = BRIX.av$res; residuo
      1      2      3      4      5
-1.333333e-01 1.666667e-01 -3.333333e-02 -3.333333e-02 -1.333333e-01
      6      7      8      9     10
 1.666667e-01 -6.666667e-02 2.333333e-01 -1.666667e-01 -1.000000e-01
     11     12
 3.122502e-16 1.000000e-01
> shapiro.test(residuo)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  residuo
W = 0.91182, p-value = 0.2251

>
> bartlett.test(BRIX ~ factor(ID))

      Bartlett test of homogeneity of variances

data:  BRIX by factor(ID)
Bartlett's K-squared = 0.83459, df = 3, p-value = 0.8412

```

Fonte: Autoras, 2021.

Outra forma de obter o quadro da ANOVA é pela função **crd()** do pacote **ExpDes**. Pacotes (*packages*) ou bibliotecas (*library*) são os nomes mais usados para designar conjuntos de funções, exemplos e documentações desenvolvidas para determinadas tarefas. Os comandos básicos do R, por exemplo, estão em uma biblioteca chamada **base**. Existem inúmeras bibliotecas, algumas já inclusas na instalação do R. No R pode-se encontrar pacotes desenvolvidos por responsáveis pelo *software* ou implementados por usuários. O comando para instalação do pacote **ExpDes** é **install.packages("ExpDes")**. Os comandos **require(ExpDes)** e **crd(ID, BRIX, mcomp=F)** apresentam os resultados da Figura 7.

Figura 7 - Comando para instalação e inserção do pacote ExpDes.

```

> ## ANOVA
>
> require(ExpDes)
> crd(ID, BRIX, mcomp=F)
-----
Analysis of Variance Table
-----
              DF      SS      MS      Fc      Pr>Fc
Treatament    3 4.2292 1.4097 56.389 1.0045e-05
Residuals     8 0.2000 0.0250
Total        11 4.4292
-----
CV = 2.49 %

-----
Shapiro-Wilk normality test
p-value: 0.2251383
According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance, residuals can be considered normal.
-----

-----
Homogeneity of variances test
p-value: 0.8411774
According to the test of bartlett at 5% of significance, residuals can be considered homocedastic.
-----

```

Fonte: Autoras, 2021.

Vale salientar que, utilizando o pacote **ExpDes**, especificamente o comando **crd()** retorna os testes de normalidade (teste de *Shapiro-Wilk*) e homoscedasticidade (teste de *Bartlett*). Portanto, além de realizar a ANOVA o comando já faz a verifica-

ção dos seus pressupostos. O comando para comparação das médias utilizando o teste de *Tukey* é dado por **BRIX.tu = TukeyHSD(BRIX.av); BRIX.tu**. Vale ressaltar que o resultado desse comando é a diferença entre duas médias. Para verificar se há diferença é necessário verificar o *p*-valor e compará-lo com o nível α de significância, como mostra a Figura 8.

Figura 8 - Inserção do comando para realização do Teste de Tukey.

```
> # Teste de Tukey
>
>
> BRIX.tu = TukeyHSD(BRIX.av); BRIX.tu
  Tukey multiple comparisons of means
    95% family-wise confidence level

Fit: aov(formula = BRIX ~ factor(ID))

$`factor(ID)`
      diff      lwr      upr    p adj
T2-T1  1.5000000  1.0865781  1.9134219 0.0000129
T3-T1  0.8333333  0.4199115  1.2467552 0.0008938
T4-T1  0.1666667 -0.2467552  0.5800885 0.5927405
T3-T2 -0.6666667 -1.0800885 -0.2532448 0.0037931
T4-T2 -1.3333333 -1.7467552 -0.9199115 0.0000311
T4-T3 -0.6666667 -1.0800885 -0.2532448 0.0037931
```

Fonte: Autoras, 2021.

Outra forma de obter o teste de *Tukey* é pela função **crd()** do pacote **ExpDes**. O comando é dado por **crd(ID, BRIX, quali=T, mcomp="tukey")**. Note que este comando apresenta a ANOVA, os testes de normalidade e homoscedasticidade e, por fim, o resultado da comparação de médias (Figura 9).

Figura 9 - Inserção da função **crd()** para obter Teste de Tukey.

```
> crd(ID, BRIX, quali=T, mcomp="tukey")
-----
Analysis of Variance Table
-----
      DF      SS      MS      Fc      Pr>Fc
Treatament  3 4.2292 1.4097 56.389 1.0045e-05
Residuals   8 0.2000 0.0250
Total      11 4.4292
-----
CV = 2.49 %

-----
Shapiro-Wilk normality test
p-value: 0.2251383
According to Shapiro-Wilk normality test at 5% of significance, residuals can be considered normal.
-----

Homogeneity of variances test
p-value: 0.8411774
According to the test of bartlett at 5% of significance, residuals can be considered homocedastic.
-----

Tukey's test
-----
Groups Treatments Means
a      T2      7.233333
b      T3      6.566667
c      T4      5.9
c      T1      5.733333
```

Fonte: Autoras, 2021.

Diferente do que foi mostrado na Figura 8, utilizando o comando **TukeyHSD()**, o resultado do comando **crd()** apresenta as médias dos tratamentos e as respectivas letras que devem ser interpretadas da seguinte forma: médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si, ao nível $\alpha\%$ de significância, pelo teste de *Tukey* (Figura 9).

5 CONCLUSÕES

A compreensão da estatística permite ao pesquisador obter resultados confiáveis dos estudos executados e melhor compreensão pra interpretação dos dados. Quando ocorrem erros na interpretação dos dados, a capacidade de avaliar criticamente uma pesquisa científica é prejudicada, visto que o entendimento e validade das conclusões perdem a credibilidade e aplicabilidade.

Visando minimizar erros em artigos científicos, recomenda-se ao pesquisador que inicie sua análise de dados descrevendo a hipótese de sua pesquisa, conceituando as variáveis utilizadas, delineando o método e o programa estatístico aplicado na análise. Além disso, deve-se verificar a distribuição dos dados e relatar os estes que serão empregados.

Em relação aos *softwares* estatísticos, estes são de grande importância para realizar análises estatísticas de dados, visto que estes possuem maior praticidade para o desenvolvimento de pesquisas e trabalhos, além de diminuir os índices de erro durante as análises. O *software* R possui, sobretudo, maior praticidade por sua interface simples e compreensível, maior rigor estatístico, diferentes possibilidades de análises e ainda possui acesso gratuito.

Este artigo é importante para a comunidade acadêmica, pois auxilia na análise dos dados utilizando um *software* gratuito e de reconhecimento mundial, visto que na literatura há uma quantidade limitada de manuscritos que são direcionados ao auxílio para análise de dados. Além disso, esse material auxilia os pesquisadores da área com os comandos e a compreensão dos resultados encontrados no R.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBETTA, P. A.; REIS, M. M.; BORNIA, A. C. Estatística Para Cursos de Engenharia e Informática. 3 ed. São Paulo: **Atlas**, 2010.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Statistical Society - Serie A**, 60:268-282, 1937.

CANTERI, M.G. et al. SASM-Agri-Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2001.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. Editora Saraiva, 2017.

COUTO, L. A.; COQUEIRO, J. S.; COSTA, M. L. X.; BRANDÃO, M. R. S.; CAFIEL-RO, C. S.P. Análise microbiológica e físico-química de banana desidratada submetida a diferentes tratamentos. **Global Science and Technology**, v. 12, n. 3, 2019.

COUTO, L.A.; COQUEIRO, J.S.; TRINDADE, D.B. Interpretação estatística de resultados de análises físico-químicas de banana chips. **Gl. Sci Technol**, Rio Verde, v.13, n.01, p.170-180, jan/abr. 2020.

DA ROCHA, K.R; JÚNIOR, A.J.B. Anova medidas repetidas e seus pressupostos: análise passo a passo de um experimento. **Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia-ISSN: 1984-5693**, v. 10, p. 29, 2018.

DA SILVA SMOLSKI, F.M. et al. Capacitação em análise estatística de dados com uso do software livre R. **Revista Ciência em Extensão**, v. 14, n. 3, p. 123-134, 2018.

DE SOUZA, E. F. M.; PETERNELLI, L. A.; DE MELLO, M. P. Software Livre R: aplicação estatística. 2014.

LIMA, P.C; LIMA, R. R. Estatística Experimental. **Guia de Estudos, Universi-AAA-idade Federal de Lavras. Disponível em:** < [http://www. dex. u a. br/images/stories](http://www.dex.u a. br/images/stories)>. **AAA**Acessado em, v. 20, n. 06, 2014.

MANCUSO, A.C.B, et al. Estatística descritiva: perguntas que você sempre quis fazer, mas nunca teve coragem. **Clinical & Biomedical Research**, v. 38, n. 4, 2018.

MORAES, L. T. L. P. Notas de Aula da disciplina MAT 222. Análise descritiva e exploratória de dados. **Universidade Federal da Bahia, Instituto de Matemática - Departamento de estatística**. 2002.

MORETTIN, P. A; BUSSAB, W. de O. Estatística Básica. Saraiva, 5a Ed. 2004.

NAVES, C, et al. A importância da estatística na pesquisa de clima organizacional. In: **Anais Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (ISSN-2527-2500) & Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar**. 2018.

OLIVEIRA, Andréia FróesGaluci. Testes estatísticos para comparação de médias. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 6, p. 777-788, 2008.

PEREIRA, G. T. Estatística Experimental - Medicina Veterinária. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Campus de Jaboticabal-SP. **Material didático**, 2015. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/benitoag/apostilaestatexper.pdf>.

PIRES, R.A. Visualizações de dados no Software r: Um guia prático. 2017.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2015. Disponível em: <<https://www.rproject.org/>>. Acesso em: 28 Jun 2020.

REIS, E.A; REIS, I.A. Análise descritiva de dados. **Relatório técnico do Departamento de Estatística da UFMG**, p. 36, 2002.

RODRIGUES, C.F.S; LIMA, F.J.C.; BARBOSA, F.T. Importância do uso adequado da estatística básica nas pesquisas clínicas. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 67, n. 6, p. 619-625, 2017.

SILVESTRE, A.L. **Análise de dados e estatística descritiva**. Escolar editora, 2007.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. **Testing The Normality of Several Samples**. (Unpublished Manuscript). 1965a.

VIEIRA, S; WADA, R. **O que é estatística**. Editora Brasiliense. 1º edição e-Book, 2017.



CAPÍTULO 4

ESTUDO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE UM REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DIGITAL

*STUDY ON THE DEVELOPMENT OF A DIGITAL
INSTITUTIONAL REPOSITORY*

Jéssica Angel Mariscal Pereira de Sousa Fernandes¹
Prof. Me. Luciano Bergamo²

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.4

¹ Centro Universitário Claretiano, jams.fernandes@outlook.com, <http://lattes.cnpq.br/4391190083821481>
² Centro Universitário Claretiano, luciano@claretiano.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/9366315455561553>

RESUMO

Há mais de uma década se discute a escassez da divulgação de informação científica, para contornar este empecilho em 2002 foi lançada a iniciativa Budapeste pelo Acesso Aberto, que estimula a criação de repositórios digitais de acesso aberto. Pensando na crescente divulgação de informação falsa, este artigo tem por objetivo apresentar o projeto para criação de um Repositório Digital. Fundamentado em textos tanto da área de tecnologia quanto da de biblioteconomia, será implementada uma base de dados relacional para um Repositório Institucional Digital, bem como a comunicação entre a aplicação, usuário e servidores, procurando sempre que possível apresentar as consultas que serão incluídas ao código. À vista disso, foi possível concluir que a estrutura do repositório institucional digital é relativamente simples, e pode ter a parte administrativa automatizada considerando-se a natureza padrão dos documentos que serão armazenados no mesmo.

Palavras-chave: Banco de Dados. Repositório Digital. Linguagem SQL.

ABSTRACT

For more than a decade the scarcity of dissemination of scientific information has been discussed, to get around this obstacle in 2002 was launched the Budapest Initiative for Open Access, which encourages the creation of open access digital repositories. Thinking about the growing dissemination of false information, this article aims to present the project for the creation of a Digital Repository. Based on texts from both the technology and librarianship areas, has been implemented a relational database for a Digital Institutional Repository, as well as the communication between the application, users and servers, trying whenever possible to present the queries that will be included in the code. In view of this, it was possible to conclude that the structure of the digital institutional repository is relatively simple, and can have the administrative part automated considering the standard nature of the documents that will be stored in it.

Keywords: Database. Digital Repository. SQL Language

1 INTRODUÇÃO

Desde o fim do século passado já começavam a se preocupar com o livre acesso à informação científica, na edição 45 de 1999 da Revista da FAPESP, José Carlos Vaz de Lima alegava que pessoas comuns (não-pesquisadores) precisavam ter maior acesso as divulgações das conquistas científicas mais recentes, pois “uma educação

científica deve preparar o cidadão para assimilar informações de qualidade, aprimorando o seu juízo crítico” (LIMA, 1999).

Em 2002 foi “lançada a Iniciativa de Budapeste pelo Acesso Aberto (*Budapest Open Access Initiative* - BOAI), que define duas principais estratégias utilizadas para promoção do Movimento de Acesso Aberto” (BUDAPEST OPEN ACCESS INITIATIVE, 2002; COSTA; LEITE, 2017 *apud* SARVO, 2019, p.27), são elas:

A **via dourada** promove a criação de periódicos científicos eletrônicos, pautados nos modelos utilizados pela comunicação científica tradicional, porém sem apresentar custos para acesso ao seu conteúdo.

A **via verde** promove a criação de Repositórios Institucionais como ambientes informacionais digitais voltados ao armazenamento e disponibilização da produção científica em acesso aberto. (SARVO, 2019, p.27).

Então a via dourada se refere a produção de materiais eletrônicos, enquanto a via verde sobre seu armazenamento estimulando a criação de Repositórios Institucionais Digitais, que segundo o IBICT (2018) são:

[...] bases de dados online que reúnem de maneira organizada a produção científica de uma instituição ou área temática. Os RDs [Repositórios Digitais] armazenam arquivos de diversos formatos. Ainda, resultam em uma série de benefícios tanto para os pesquisadores quanto às instituições ou sociedades científicas, proporcionam maior visibilidade aos resultados de pesquisas e possibilitam a preservação da memória científica de sua instituição.

Para elaboração deste artigo serão utilizadas normas brasileiras de Informação e Documentação, e materiais técnicos voltados à área de tecnologia da informação os autores escolhidos foram Deitel (2008) para desenvolvimento *WEB* e Elmaris (2010) para desenvolvimento em Banco de Dados.

Observa-se nos últimos anos uma crescente disseminação de informações falsas, conhecidas como *fake news*, isso ocorre pela facilidade de acesso que a população tem a elas, assim se faz necessário que se use a mesma usabilidade na criação de um repositório institucional, para dessa forma disseminar informação de qualidade à população.

O objetivo deste artigo é identificar as tecnologias necessárias para o desenvolvimento de um repositório institucional digital, e assim projetar uma página web para o recebimento e disponibilização de informação científica.

A metodologia aplicada será em forma de revisão bibliográfica que segundo MARTINS JUNIOR (2015, p. 58):

[...]o pesquisador somente utiliza publicações impressa ou eletrônica. Para isso, ele se valerá de fontes que encontrará em bibliotecas universitárias, municipais e

particulares, secretarias de determinadas instituições, redações de jornais, estabelecimentos, clubes, *lan-houses* e outros locais

O presente projeto caracteriza-se em uma pesquisa bibliográfica com relatos de experiências, apresentando uma revisão técnica dos projetos em consonâncias às citações bibliográficas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Com o intuito de produzir uma aplicação de um repositório institucional digital, primeiro é preciso conhecer os dados obrigatórios a todo trabalho acadêmico, para tanto foi considerado a ABNT NBR 14724 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, Norma Brasileira quatorze mil setecentos e vinte e quatro), segundo ela são necessários nome da instituição, nome do autor ou autores e seus orientadores, título, local, ano, tipo do trabalho, grau acadêmico e área do conhecimento que o trabalho se encaixa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p.6).

Considerando os dados necessários, é possível dividir em três grandes grupos, os associados a instituição de ensino, ao usuário e ao documento. Assim, têm que considerar que uma instituição pode ter mais de uma unidade em diferentes cidades, estados ou mesmo países, e algumas são conglomerados e possuem denominação diferentes, que podem ou não ministrar os mesmos cursos, que terá múltiplas áreas do conhecimento e grau acadêmico.

O autor e o orientador, devem representar o mesmo grupo e ganhar a titulação de um ou outro, afinal um mesmo indivíduo, por exemplo, pode ser docente em uma graduação enquanto é discente em um mestrado. Porém ao intitular a pessoa como autor, aluno responsável pelo trabalho, é necessário que ele ou eles autorizem a publicação do trabalho, desse modo que para cada autor cadastrado deve haver um arquivo de autorização de publicação.

O documento receberá a designação do tipo de trabalho, seu título e ano, além do resumo que pode facilitar na escolha da leitura pelo usuário do Repositório Institucional, e as palavras-chave que iram facilitar na recuperação dessa informação. A alocação deste trabalho será feita em um servidor, optam por utilizar um *cloud server*, a tecnologia de armazenamento nas nuvens.

O conjunto de tais dados relacionados, acrescido de manuseio e consulta de forma que atenda a necessidade informacionais do usuário, é o que define um banco de dados, porém para administrá-lo é imprescindível a escolha de um *Sistema de*

Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), eles permitem que por meio de *linguagem SQL*, ou linguagem de consulta estruturada, o administrador crie o banco, insira os dados e os manipule.

Auxiliando na visualização da criação de um banco de dados, pode-se utilizar o Modelo Entidade e Relacionamento ou *MER*, um modelo conceitual que pode ser desenvolvido antes da escolha de um SGBD; junto ao *Diagrama Entidade e Relacionamento* ou *DER*, representação visual do *MER*. A representação do banco de dados é feita de forma a identificar as *entidades*: pessoas, objetos ou conceitos, que se tornarão as tabelas do banco de dados, representadas por retângulos; seus *atributos*: características e propriedades relacionadas as *entidades*, representadas por círculos; e seus *relacionamentos*: conexões entre uma ou mais *entidades*, representada por losangos. Por meio dos *relacionamentos* é possível determinar a quantidade de pessoas, objetos ou conceitos envolvidos, indicando a *cardinalidade*, ou seja, a quantidade máxima de *relacionamentos* possíveis entre as *entidades*.

Após a escolha do SGBD e do desenvolvimento do *MER* e o *DER* é possível desenvolver o *Modelo Lógico*, nele é realizado o detalhamento das *entidades*, exprimindo a seus *atributos* os tipos de dados que cada um receberá.

Por meio da *linguagem SQL*, transforma-se o *Modelo Lógico* em *Modelo Físico*, onde as *entidades* se tornarão em tabelas, e seus *atributos* nas colunas, concedendo *chave primária* ao atributo da entidade que tornará cada entrada única, e *chave secundária* ao atributo que determina um relacionamento com outro atributo.

A aplicação será uma página *WEB* codificada em *HTML* (Linguagem de Marcação de Hipertexto), acrescida do *PHP* (Hypertext Preprocessor), uma linguagem que permite a conexão com banco de dados por meio de um conector, além de modificar páginas *HTML* de forma que seja possível recuperar informações.

3 METODOLOGIA

No desenvolvimento deste projeto, Normas Brasileiras foram utilizadas para realizar o levantamento dos requisitos do sistema, e assim desenvolver os *Modelos Conceitual e Lógico* do Banco de Dados. Com base neles o *Modelo Físico* foi criado por intermédio do Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados *MySQL* e aplicação da *linguagem SQL*.

O *software XAMPP* foi usado para que o protótipo do repositório digital pudesse ser visualizado, este programa emula outros cinco, no entanto os utilizados no projeto foram o *Apache* simulando um servidor para que a página *WEB* fosse

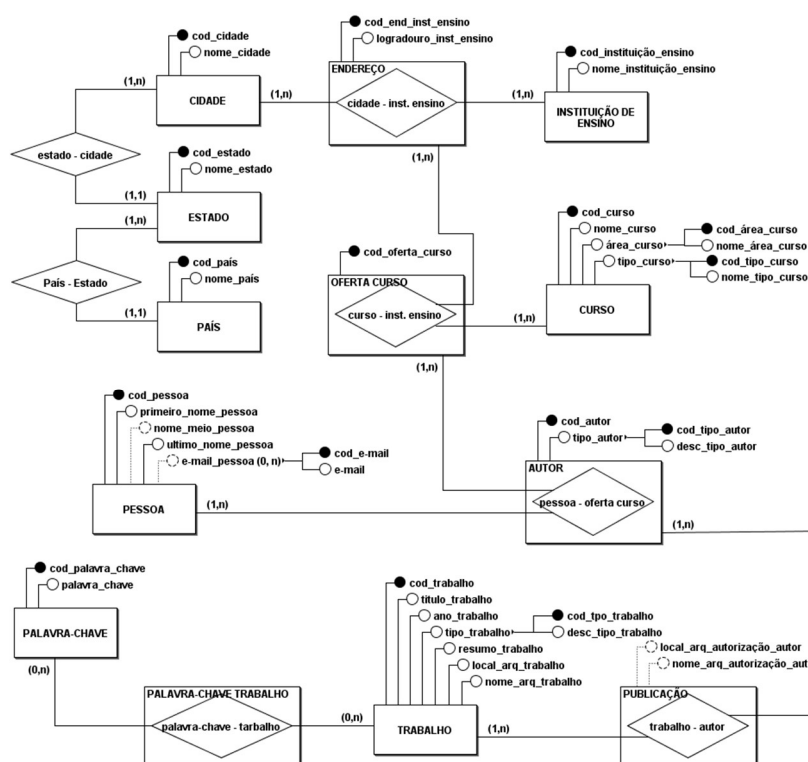
apresentada de forma correta, e o MySQL fazendo o gerenciamento do Banco de Dados.

Para desenvolvimento dos modelos *Conceitual* e *Lógico* foi utilizado a ferramenta *BrModelo*, um aplicativo portátil gratuito, que já tem os formatos para cada modelo pré-definido, tornando o processo mais rápido.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando-se as regras de negócio, apresentadas no referencial teórico e na metodologia, foi elaborado o DER (figura 1) um *Modelo Conceitual*, onde os retângulos são as *entidades*, os círculos são os *atributos*, os círculos preenchidos são os campos chaves e os tracejados são *atributos* não obrigatórios, ou seja, que podem ser deixados em branco. Os losangos apresentam as relações e quando dentro de um retângulo formam uma nova *entidade*.

Figura 1 - Diagrama Entidade-Relacionamento



Fonte: Autoria Própria (2021)

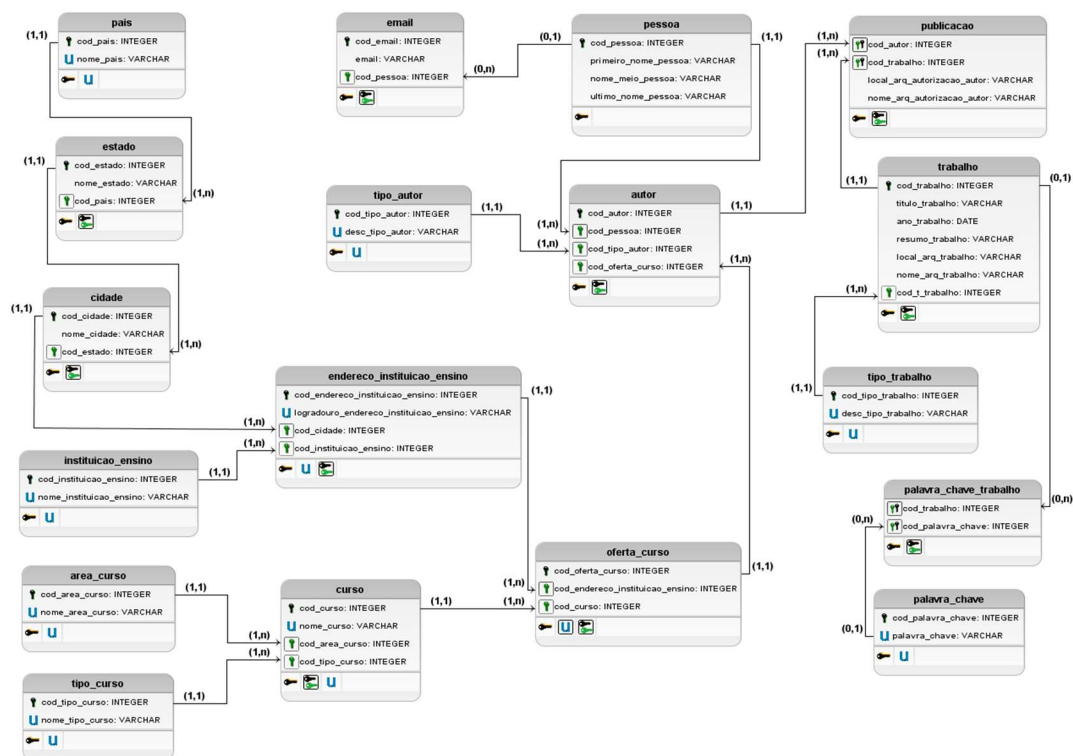
Quanto a *cardinalidade*, o primeiro número representa a obrigatoriedade da relação enquanto o segundo representa quanta vezes eles podem se relacionar, por exemplo para ter um *autor*, é indispensável que uma *pessoa* seja docente ou discente em uma *oferta de curso*, assim sua *cardinalidade* será de uma *pessoa* pode fazer parte de muitas *ofertas de curso*, assim como uma *oferta de curso* pode ter muitas *pessoas*.

No caso das *palavras-chave* o zero simboliza que não é obrigatório, um *trabalho* pode ou não ter uma ou mais *palavras-chave*. Os *atributos compostos*, representados pelos círculos (figura 1) que têm a eles associados outros *atributos* também se tornam *entidades*.

Partindo deste ponto o *SGBD* é escolhido, neste projeto, como já mencionado, utilizará o MySQL, e ao elaborar o *Modelo Lógico* (figura 2) identificará as *chaves primária e estrangeira*, além dos tipos de dados utilizado para cada *atributo*, anteriormente declarado, aqui terá os seguintes tipos de dados: *INTERGER*, números inteiros; *VARCHAR*, caracteres; e *DATE*, recebendo apenas o ano.

No modelo é possível identificar algumas figuras: a chave preta identifica o campo que tornará cada item inserido na tabela como único (*chave primária*); chave verde aponta que aquele campo é derivado de outra tabela (*chave estrangeira*); chave preta junto a chave verde determina que naquela tabela a *chave primária* é criada a partir de duas ou mais *chaves estrangeiras*; e o “u” azul indica que aquele campo não pode receber valores repetidos, assim um campo de *palavra-chave*, por exemplo, não permitirá que a palavra seja registrada duas vezes no banco.

Figura 2 - Modelo Lógico



Fonte: Autoria Própria (2021)

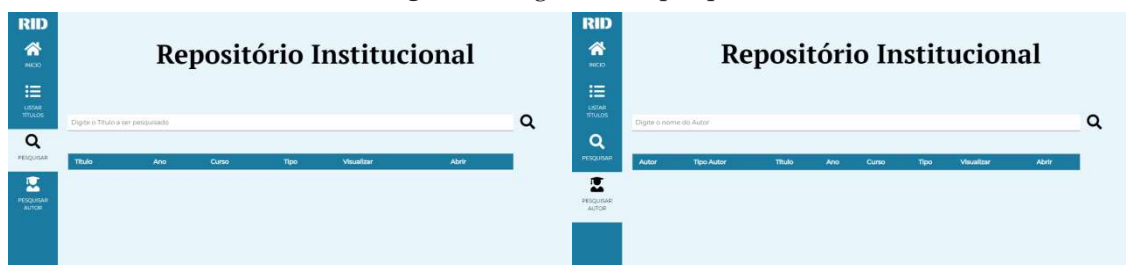
A *cardinalidade* no *Modelo Lógico* (figura 2) é apresentada de uma forma diferente, é considerado que a *chave primária* enviada sempre apresentará a *cardinalidade um para um (1,1)* ou *zero para um (0,1)* indicando o relacionamento obrigatório ou não, respectivamente. Enquanto a *chave estrangeira* recebida, mostrará a quantidade de relacionamentos possível entre as tabelas.

Considerando o *Modelo Lógico*, inicia-se a criação do *Modelo Física*, que será construído por meio da cláusula *CREATE* da *linguagem SQL*, no *SGBD MySQL*. Com o banco de dados desenvolvido (apêndice A) pode-se partir para a inserção de dados.

4.2 Funcionamento da Página WEB

O protótipo da aplicação foi desenvolvido em *linguagem PHP*. Neste projeto o foco foi a recuperação da informação, portanto, o repositório institucional terá exclusivamente as funções de pesquisa e visualização. Nas abas: Início, Pesquisa e Autor há uma *barra de pesquisa*, por onde é possível realizar a busca (figura 3), esta será programada em *linguagem HTML*, como um formulário de entrada de texto, utilizando o elemento *form* acrescido da *tag input*, permitindo a recuperação do conteúdo digitado.

Figura 3 - Páginas com pesquisa



Fonte: Autoria Própria (2021)

Ao clicar no botão de pesquisa, simbolizado pelo ícone da lupa a direita da *barra de pesquisa*, a página contendo a programação em *PHP* é acionada, e por meio do método *POST* os dados armazenados na *tag input* é recuperado e armazenado na variável *\$pesquisa* (apêndice B) e um comando *SELECT* é enviado ao *SGBD MySQL*.

4.2.1 Pesquisa por título e autor

Ao realizar a pesquisa por título, a busca é feita nos campos *título_trabalho* ou *palavra-chave*, e será apresentado ao usuário o *título*, *ano*, *curso*, *tipo (trabalho)*, um campo para visualizar mais sobre ele e um para abri-lo em *PDF* (figura 4). Esses dados estão armazenados nas tabelas: *trabalho* (*título_trabalho*, *ano_trabalho*, *local_arq_trabalho*), *tipo_trabalho* (*desc_tipo_trabalho*) e *curso* (*nome_curso*).

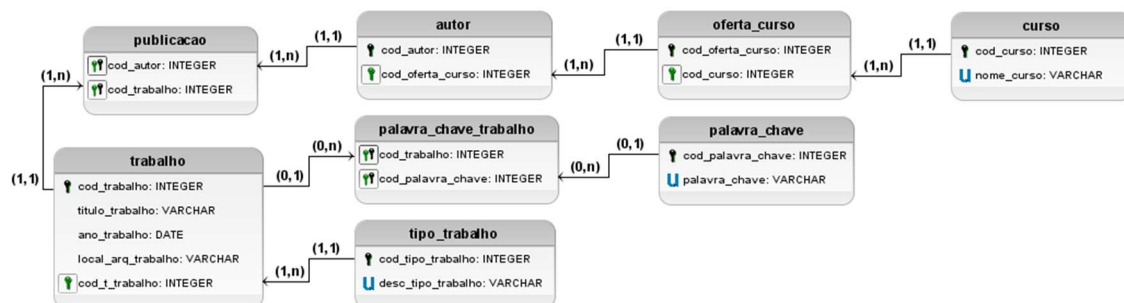
Figura 4 - Resultado da pesquisa por título



Fonte: Autoria Própria (2021)

Par que essas informações sejam apresentadas ao usuário na programação PHP a variável `$sql` recebe o script SQL com o comando *SELECT* (apêndice B), na figura 5 é possível ver onde estão os campos necessários e o caminho a ser percorrido.

Figura 5 - Tabelas utilizadas no SELECT



Fonte: Autoria Própria (2021)

Para cada *cardinalidade* obrigatória aplica-se a cláusula *INNER JOIN* e para as não obrigatórias a cláusula *LEFT OUTER JOIN*, utilizadas para chamar as tabelas por meio dos relacionamentos. Com todas as tabelas incluídas, a cláusula *WHERE* informa a condição de pesquisa enviada para o banco de dados, por ser uma pesquisa do tipo texto inclui-se a cláusula *LIKE*, e a variável contendo o termo digitado pelo usuário é posta onde seria o texto condicional, como optou-se por fazer a pesquisa em dois campos diferentes o operador *OR* é posicionada entre as duas condições. Para que os trabalhos apresentados não se dupliquem nas linhas do resultado, utiliza-se a cláusula *GROUP BY*, e com a intenção de apresentar sempre os materiais mais recentes, foi empregue a cláusula *ORDER BY*.

Na coluna visualizar (figura 4), da página com o resultado, por programação em PHP é feito a chamada do atributo *href* do HTML para que ao clicar no ícone o usuário seja redirecionado à página com os detalhes do material, e nesse caso a própria programação PHP faz a captura do código (*cod_trabalho*) necessário à apresentação das informações solicitadas. E na última coluna, que traz o ícone de PDF, a codificação PHP busca no banco o caminho (*local_arq_trabalho*) que o arquivo foi salvo e abre em uma nova guia.

Para a pesquisa de autor (apêndice B) a codificação é bem parecida mudando apenas a tabelas que serão incluídas na cláusula *SELECT*, uma vez que a pesquisa é feita nos campos *primeiro_nome_pessoa*, *nome_meio_pessoa* e *ultimo_nome_pessoa*, e será apresentado ao usuário o *autor* e *tipo autor* além das colunas da busca por título (figura 6). E esses dois dados estão armazenados nas tabelas: *pessoa* (*primeiro_nome_pessoa*, *nome_meio_pessoa* e *ultimo_nome_pessoa*), *tipo_autor* (*desc_tipo_autor*).

Figura 6 - Resultado da pesquisa por autor



Autor	Tipo Autor	Título	Ano	Curso	Tipo	Visualizar	Abre
Jéssica Angel Mariscal Pereira de Sousa Fernandes	Autor	Estudo sobre a elaboração das Bibliotecas Digitais	2018	Biblioteconomia	Artigo		

Fonte: Autoria Própria (2021)

4.2.1 Visualizando mais sobre o material

Como dito anteriormente, ao clicar no ícone da coluna *visualizar* no resultado da pesquisa, o usuário é transferido para uma página contendo mais detalhes sobre o trabalho (figura 7), esta é programada em *PHP* por método *GET* (apêndice B) para inserir o código do trabalho (*cod_trabalho*) selecionado na variável *\$pesquisa*. A página foi dividida em sete cláusulas *SELECT* para importar os dados, todas muito parecidas com as do resultado da pesquisa, realizando a junção das tabelas necessárias e incluindo a variável *\$pesquisa* como critério para recuperação dos dados.

Figura 7 - Páginas com detalhes sobre o trabalho acadêmico



Repositório Institucional	
ESTUDO SOBRE A ELABORAÇÃO DAS BIBLIOTECAS DIGITAIS	
2018 Artigo	
Biblioteconomia Bacharelado Cessão	
	Visualizar PDF
Autores	
	Jéssica Angel Mariscal Pereira de Sousa Fernandes
	Almeida Crisiane Cardoso de Brito
	Tutor
Resumo	
Com a aprovação do Decreto nº 9.057/17, que autoriza a utilização quase integral da Biblioteca Digital nos cursos a distância, tornou-se necessário a atualização do profissional de informação, dessa forma este artigo tem como objetivo elucidar o desenvolvimento de uma Biblioteca Digital, bem como as tecnologias utilizadas para tal. Fundamentado em textos tanto da área de tecnologia quanto da de biblioteconomia, apresenta as principais tecnologias utilizadas na Biblioteca Digital, bem como o processo de desenvolvimento e a comunicação e como se dá a comunicação entre usuário e a base de dados, procurando sempre que possível realizar um comparativo com a biblioteca Física. A vista disso, foi possível concluir que tanto a Biblioteca Digital, quanto a Física, mantêm processos muito parecidos, no que se refere a tratamento e recuperação da informação.	
Palavras-chave:	
- biblioteca digital	
- banco de dados	
- desenvolvimento de biblioteca digital	
Claretiano	
Rua Martin Francisco, 604 - Santa Cecília	
São Paulo - SP	
Brasil	
Citação	
FERNANDES, Jéssica Angel Mariscal Pereira de Sousa. <i>Estudo sobre a elaboração das Bibliotecas Digitais</i> . São Paulo - SP: Claretiano, 2018. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1v3E3y7m7_CpEgacEh30xw2Bmnv/view?usp=sharing . Acesso em: 21 Out. 2021.	

Fonte: Autoria Própria (2021)

No entanto o último *script* inserido à programação *PHP* merece um destaque, ela se refere a *Citação* apresentada no fim da página, e considera a formatação exigida em trabalhos acadêmicos pela ABNT NBR 10520 - *Citações em Documentos*. Neste *script* determinou-se quais seriam os campos recuperados, assim, foi utilizado a *function* *GROUP CONCAT* associada a cláusula *SEPARATOR* para agrupar as pessoas associadas ao trabalho visualizado e separá-las por ponto e vírgula (;). Nela foi incluída a *function* *CONCAT* para juntar os campos *ultimo_nome_pessoa*, *primeiro_nome_pessoa* e *nome_meio_pessoa*, da tabela *pessoa* de forma que fosse apresentado como estipulado na norma consultada. Em cada um desses campos foi usado a *function* *COALESCE* para tratar o campo caso seu resultado fosse nulo, e para deixar o sobrenome em caixa alta empregou-se a *function* *UPPER*. Foi necessário incluir como cláusula *WHERE* o tipo de autor para que apenas os denominados como *autor* (*cod_tipo_autor* = 1) fossem incluídos na *citação*, e o operador *AND* incluiu a segunda restrição com o código contido na variável *\$pesquisa*.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Visto a necessidade de divulgação de produção científica pensou-se em um projeto para elaboração de um repositório digital, que armazenaria trabalhos acadêmicos e seria de livre acesso a comunidade. Ao realizar a pesquisa para elaborar o banco de dados, mais de uma tecnologia foi encontrada, o ponto principal é o armazenamento dos documentos, arquivos em *PDF*. Existe a opção de armazená-los diretamente no banco de dados *SQL*, inserindo uma coluna com tipo de dado *BLOB* (*Binary Large Object* ou Objeto binário grande). Porém isso pode prejudicar o desempenho dependendo do fluxo de usuários. A aplicação foi analisada pela ótica do usuário, visando facilitar sua pesquisa, foram apresentadas apenas três opções de pesquisa, mas pode-se adicionar campos para filtragem, deixando-a mais restrita conforme a necessidade do usuário, esses botões acrescentariam uma condição *WHERE* à consulta principal. A alimentação desse banco só poderá ser realizada por um administrador, assim será necessária uma pessoa com conhecimento em linguagem *SQL* ou a criação de um *login* e uma página na aplicação para inserir os dados. Outra opção é implementar uma inteligência artificial na programação para que essa inserção seja feita de forma automática, uma vez que trabalhos acadêmicos tem um formato padrão e as informações principais sempre estarão no mesmo lugar. Conclui-se que o objetivo principal da pesquisa foi alcançado, sendo possível identificar as tecnologias e desenvolvimento propostos, projetando uma página web para o recebimento dos dados. Para a continuação da pesquisa, indica-se o desenvolvimento de uma página de *login*, para que por meio dela o responsável pela

catalogação possa realizar a inserção de dados no banco mediante uma interface e ao mesmo tempo o upload dos arquivos necessários no servidor.

REFERÊNCIAS

AMADEU, C. V. (org). **Banco de Dados**. São Paulo: Pearson, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724: Informação e documentação - Trabalhos acadêmicos - Apresentação**. Rio de Janeiro. 2011.

_____. **NBR 10520: Informação e documentação - Citações em documentos - Apresentação**. Rio de Janeiro. 2002.

DEITEL, P. J.; DEITEL, H. M. **Ajax, Rich Internet Applications e desenvolvimento WEB para programadores**. São Paulo: Pearson, 2008.

ELMASRI, R. **Sistemas de banco de dados**. 6.ed. - São Paulo: Pearson, 2011.

IBICT. **Repositórios Digitais**. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, 2018. Disponível em: <<https://ibict.br/informacao-para-a-pesquisa/repositorios-digitais>>. Acesso em: 13 fev. 2021.

LIMA, J. C. V. de. Divulgação científica e sociedade. **Pesquisa FAPESP**, São Paulo, ed. 45, ago. 1999. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/divulgacao-cientifica-e-sociedade/>>. Acesso em: 19 mar. 2021.

MARQUES, C. A. G. Gerenciamento de repositórios digitais: apontamentos práticos para o desenvolvimento dos repositórios institucionais. **Convergência em Ciência da Informação**, v. 3 n. 2, n. 2, p. 135-162, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.33467/conci.v3i2.13438>>. Acesso em: 19 mar. 2021.

MEDEIROS, L. F. de. **Banco de Dados: princípios e práticas**. Curitiba: InterSaberes, 2013

SARVO, D. de O. **Automação e informatização em unidades de informação**. Bata-tais, SP: Claretiano, 2019.

SAYÃO, L. et al. **Implantação e gestão de repositórios institucionais: políticas, memórias, livre acesso e preservação**. Salvador, BA: EDUFBA, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ufba/473/3/implantacao_repositorio_web.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2021.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 23. ed. - São Paulo, SP: Cortez, 2007.

SILVA, E. M.; SOUSA, M. R. F. de; MONTEIRO, S. A. Arquitetura da informação em repositórios institucionais: desafios e perspectivas. **Investig. Bibl.** vol.32, n.76, p.45-61 jul./sep. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.22201/ii-bi.24488321xe.2018.76.57975>>. Acesso em 27 mar. 2021

APÊNDICES

APÊNDICE A - Código Criação do Banco de Dados

Disponível em: <https://github.com/anjomariscal/DIGITAL_INSTITUTIONAL_REPOSITORY/blob/main/Criacao_BD_RID.sql>. Criado em: 02 jan. 2022.

APÊNDICE B - Códigos criação página WEB do Repositório Digital Institucional

Disponível em: <https://github.com/anjomariscal/DIGITAL_INSTITUTIONAL_REPOSITORY>. Criado em: 02 jan. 2022





CAPÍTULO 5

SNAKE CLASSIFIER: APLICATIVO MÓVEL PARA CLASSIFICAÇÃO DE SERPENTES PEÇONHENTAS

*SNAKE CLASSIFIER: MOBILE APPLICATION FOR
CLASSIFICATION OF VENOMOUS SNAKES*

Emanuel Airton Mendes Machiaveli¹
Juan Morysson Viana Marciano²
Felipe Gonçalves dos Santos³

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.5

¹ E-mail: emanuelmachiavelli@gmail.com
² E-mail: felipe.santos@ifpi.edu.br
³ E-mail: juan.morysson@ifpi.edu.br

RESUMO

Serpentes estão no topo da lista de acidentes com animais peçonhentos no Brasil. O pouco conhecimento da população a respeito desses animais, torna sua identificação dificultada em casos de acidentes, quando se faz necessário a classificação do gênero para a aplicação do soro antiofídico correto. Foi proposto neste trabalho, com o uso de Inteligência Artificial com aplicação das técnicas de Transfer Learning, a criação de um modelo de Rede Neural, implementado a um aplicativo de celular onde, a classificação da espécie é feita de forma instantânea. O modelo treinado com um banco de 3401 imagens obteve um nível acurácia de 90.22%. Já os testes realizados com o aplicativo em funcionamento, levou a uma taxa de acerto de 88.41% após testá-lo com 164 imagens. Portanto, a aplicação mostra-se como uma ferramenta viável para classificação de gênero e espécie de serpentes peçonhentas, além da sua diferenciação entre as espécies que não apresentam peçonha.

Palavras-chave: Serpentes, Redes Neurais, Transfer Learning, Aplicativo.

ABSTRACT

Snakes are at the top of the list of accidents with venomous animals in Brazil. The little knowledge of the population about these animals makes their identification difficult in cases of accidents, when it is necessary to classify the genus in order to apply the correct anti-venom serum. In this paper, using Artificial Intelligence with the application of Transfer Learning techniques, we proposed the creation of a Neural Network model, implemented in a cell phone application where the classification of the species is made instantaneously. The model trained with a bank of 3401 images obtained an accuracy level of 90.22%. The tests performed with the application in operation led to a hit rate of 88.41% after testing it with 164 images. Therefore, the application shows itself as a viable tool for classification of genus and species of venomous snakes, besides its differentiation among species that do not present venom.

Keywords: Snakes, Neural Networks, Transfer Learning, Application.

INTRODUÇÃO

De acordo com o Ministério da Saúde, no Brasil, no ano de 2017 ocorreram cerca de 28 mil acidentes ofídicos. No caso das serpentes, o acidente ofídico é o quadro de envenenamento que ocorre através da inoculação do veneno por meio das glân-

dulas venenosas presentes nas presas do animal. Podendo ser de forma intravenosa ou até mesmo quando em contato com os olhos do indivíduo.

Segundo o próprio Ministério da Saúde, através de dados coletados durante um período de dez anos, entre 2007 e 2017, serpentes são os animais peçonhentos que mais matam no país, seguidos de ataques de escorpião e abelhas. No total de 2792 mortes registradas, 1271 casos ou 45% do total foram ocasionados por ataques de cobras venenosas.

Dentre as 412 espécies catalogadas de cobras existentes no país, somente quatro tipos são responsáveis por esses números como animais com potencial de levar risco a vida dos seres humanos, somente, serpentes do gênero *Bothrops* (Jararaca e suas subespécies), *Crotalus* (Cascavel), *Lachesis* (exclusivamente Surucucu-pico-de-jaca) e *Micrurus* e *LeptoMicrurus* (Coral Verdadeira).

Um dos procedimentos recomendados em caso de acidente, é o transporte do animal vivo ou morto até o local de atendimento da vítima para a identificação da espécie, a fim de fornecer as medidas profiláticas corretas com a aplicação do soro antiofídico indicado no combate à ação da toxina injetada pelo animal.

No entanto, pode ser uma medida perigosa, já que se trata da manipulação de animais silvestres, por parte de indivíduos não capacitados, que pode até mesmo acabar gerando novos acidentes.

Visto que se faz necessário a disponibilização de um mecanismo capaz de fazer a distinção das espécies. Foi proposto neste trabalho, a criação de uma ferramenta que possibilita a classificação de serpentes peçonhentas por meio de imagens utilizando inteligência artificial, mais precisamente na subárea de reconhecimento de imagens fazendo o uso de Redes Neurais Convolucionais.

O mesmo tem a finalidade de ajudar nesse processo de identificação em caso de contato de pessoas com esses animais ou em casos de acidentes para possibilitar a identificação do gênero do animal para facilitar o atendimento a vítima e aplicação do medicamento correto para cada caso, a ferramenta pode também desenvolver ou aprimorar o conhecimento científico do usuário do aplicativo acerca das espécies da fauna brasileira.

O presente trabalho tem como objetivo fazer a classificação e diferenciação entre cobras venenosas e não venenosas por meio de um aplicativo para dispositivos móveis, utilizando técnicas de aprendizagem por transferência. Que vai possibilitar fazer a identificação do gênero do animal em casos de acidente, além de despertar

no usuário o interesse pela ciência e preservação ambiental, apresentando as informações e principais características de cada espécie classificada.

MÉTODO

Para a realização deste projeto, foi feita a revisão literária de trabalhos relacionados na mesma temática, onde são de suma importância para a criação de uma base sólida de conhecimento específico na área de desenvolvimento.

MARQUES (2019), no seu projeto, desenvolveu um modelo de aprendizado profundo empregado no objetivo de identificar e classificar 5 espécies de plantas daninhas que aparecem como pragas dando prejuízos nas lavouras, principalmente as mais resistentes aos herbicidas comerciais.

A intenção foi aplicar e comparar a performance de quatro arquiteturas de Redes Neurais Convolucionais para a classificação de plantas daninhas de cinco espécies contidas em um banco de imagens. Tendo como propósito ajudar o agricultor a encontrar a planta indesejada, para fazer sua eliminação da forma mais adequada.

Trabalho que se assemelha em termos de avaliação de classificadores de aprendizagem de máquina com BRITTO et al. (2020) que determina e qualifica a precisão de algoritmos aplicados na classificação de segmentos de imagens, empregados no desenvolvimento de um sistema de identificação de plantas medicinais por meio de características de cores, formas e texturas apresentadas nas imagens.

Ao observar modelos de treinados de Redes Neurais incorporados a aplicativos para dispositivos moveis, NARDELLI et al. (2020), propôs a criação de um aplicativo de celular, utilizando sistema de Redes Neurais com TensorFlow para classificação de imagens, com a finalidade de desenvolver uma ferramenta para auxiliar no reconhecimento das principais espécies de camarões comercializadas no estado de Santa Catarina. Sua principal funcionalidade é classificar qual a espécie de camarão identificada, assim como o percentual de acerto feito pelo algoritmo de classificação. Fazendo o uso da própria câmera do aparelho dentro do aplicativo.

Este presente trabalho foi dividido em duas etapas principais, a primeira delas foi a criação do banco de imagens para realizar treinamento dos dados para o modelo personalizado de Machine Learning a ser usado na identificação e implantação no aplicativo. Depois foi realizado o processo de desenvolvimento da própria aplicação mobile, a qual utiliza do modelo já previamente treinado para a amostragem dos resultados relacionados a detecção de classificação das espécies.

Redes Neurais

“As Redes Neurais Artificiais (RNAs) são ferramentas de Inteligência Artificial que possuem a capacidade de se adaptar e de aprender a realizar uma certa tarefa, ou comportamento, à partir de um conjunto de exemplos dados”. OSÓRIO (2000, p. 2). Por meio das Redes Neurais projetam-se máquinas que possuem a habilidade de exibir um comportamento inteligente, simulando as reações humanas.

Transfer Learning ou aprendizado por transferência é uma área de pesquisa em Machine Learning que concentra em armazenar o conhecimento adquirido ao resolver um problema e aplicá-lo em um problema diferente, porém que está relacionado.

Esse método de aprendizagem de máquina, torna-se viável em decorrência da dificuldade de se obter um conjunto de dados grande o suficiente para o treinamento de Redes Neurais Convolucionais (CNNs) do zero. Tendo em vista a utilização de um banco de dados pequeno para treinamento de modelos em Deep Learning, a utilização de aprendizado por transferência passa a ser a forma mais eficiente para alcançar bons resultados.

Como as redes construídas em Deep Learning são muito grandes, exigem um poder também muito grande de máquinas para fazer o processamento dos dados e treinamento dessas redes. Na técnica de Transfer Learning, é retirada dessa Rede Neural pré-treinada, camadas posteriores desnecessárias onde é feito o congelamento dessas camadas, então é preservada uma parte do conhecimento dessa rede e depois aplicadas as novas camadas customizadas a essa arquitetura para resolução do problema específico.

Banco de Imagens

A princípio, a obtenção das imagens para criação de um banco para efetuar o treinamento na Rede Neural, se deu através da busca no Google Imagens, por meio da pesquisa pelo nome científico para a obtenção de resultados referentes aos 4 gêneros distintos. Foi utilizada também a extensão do Google Chrome, Batch Image Download que permite baixar as imagens em lote. Para esse treinamento inicial foi formado um banco com 1328 imagens e posteriormente o número foi aumentado para 2401 imagens.

Para que fosse possível a criação dos rótulos das serpentes, foi necessário aprender as principais características de cada um dos gêneros de forma manual,

onde algumas fontes serviram para aprimorar o conhecimento nessa área da biologia, como algumas fontes literárias, como a demonstrada na figura 1:





Figura 1 - Serpentes peçonhentas e herpetologia no Brasil



Fonte: Autoria Própria 2021.

Para a realização do treinamento das imagens, foi dividido e organizado 4 rótulos separados por pastas de acordo com os gêneros expostos anteriormente como serpentes peçonhentas, além de um rótulo com imagens de gêneros diversos de serpentes não peçonhentas.

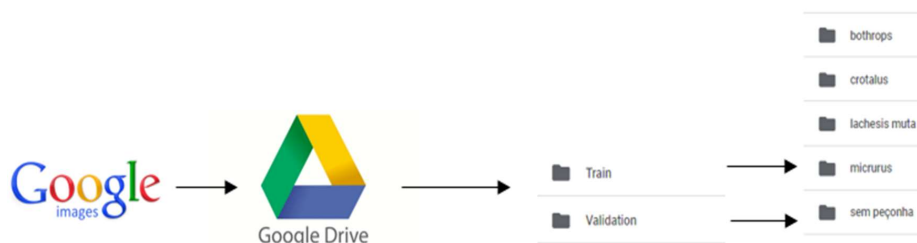
Tabela 1 - Gêneros das serpentes utilizadas como rótulos.

<i>Crotalus</i>(Cascavel)	
<i>Micrurus</i> (Coral Verdadeira)	
<i>Bothrops</i>(Jararaca)	
<i>Lachesis</i> (Surucucu-Pico-de-Jaca)	
Serpentes sem peçonha	

Fonte: Autoria Própria 2021.

As imagens capturadas foram armazenadas no Google Drive, com uma divisão por pastas de 80% das imagens para teste, e 20% para validação do modelo como apresenta a figura 2.

Figura 2 - Separação dos rótulos por pastas.



Fonte: Autoria Própria 2021.

Foi utilizado como ambiente para o desenvolvimento, Google Colab para execução de códigos Python na nuvem. O qual possibilita, o uso de uma máquina virtual durante o processo de treinamento para melhorar o desempenho e diminuir o tempo de treinamento através do uso de uma GPU configurada neste ambiente na nuvem com 12.72GB de memória RAM e HD de 107.77 GB.

MobileNetV2

A arquitetura de Rede Neural utilizada para o método de transferência de aprendizagem foi a MobileNetV2, que é uma arquitetura de Rede Neural Convocucional que busca um bom desempenho em dispositivos móveis SANDLER et al. (2018). Focando na precisão quando se trata de recursos limitados, como é o caso de dispositivos móveis e embarcados. Diminuindo de forma significativa o número de operações e redução da memória necessária, porém mantendo a precisão.

Essa rede é previamente treinada, na qual utiliza os pesos da ImageNet, um conjunto de dados de treinamento com 1,4 milhões de imagens de 1000 classes de objetos distintos. Utilizou-se do conhecimento dessa rede no processo de Transfer Learning, preservando sua arquitetura e seu conhecimento pré-treinado e adicionando uma camada densa personalizada ao final dessa rede.

Foi instanciado para dentro do projeto do Google Colab, criado em Python, O modelo MobileNetV2 previamente carregado com os pesos da ImageNet, mostrado na figura 3, sem incluir as camadas de classificação no topo (já que não possui muita utilidade), essa camada de topo representa a última camada, seguindo a arquitetura do modelo de rede invertida, que vai de baixo pra cima.

Figura 3 - download do modelo básico MobileNet V2.

```
base_model = tf.keras.applications.MobileNetV2(input_shape = img_shape,  
                                                include_top = False,  
                                                weights = "imagenet")
```

Fonte: Autoria própria 2021.

Então é mais relevante preservar a camada anterior da operação de nivelamento para extração de recursos. Onde essa camada de gargalo, conserva mais generalidade quando comparado com a camada final que foi retirada. Outro fator importante antes de compilar e iniciar treinamento do modelo, é o congelamento da base Convolutacional. Isso previne que os pesos de uma determinada camada sejam usados no período de treinamento da rede.

TensorFlow

Para o processo de aprendizagem de máquina, foi utilizado a linguagem Python e a biblioteca TensorFlow, que segundo GINÊS (2018), é uma biblioteca de código aberto criada pelo Google para computação numérica e aprendizado de máquina em grande escala. A mesma fornece recursos para implementação em diversos casos como detecção de objetos, classificação de imagens e processamento de linguagem natural.

Após o treinamento e avaliação do modelo de transferência de aprendizagem, para salvar o modelo e torná-lo compatível para implementação em Apps Mobile, foi convertido para TensorFlow Lite, Biblioteca específica para implantação em dispositivos móveis e IOT. A mesma tem o intuito de possibilitar a otimização do modelo do TensorFlow para deixá-lo mais leve e rápido, criando assim um modelo compactado, para fazer a inferência e instalação no aplicativo do celular. A figura 4 mostra de forma resumida o ciclo de treinamento feito com TensorFlow.

Figura 4 - Ciclo de treinamento do TensorFlow.



Fonte: Autoria Própria 2021.

Flutter

A realização do aplicativo Snake Classifier foi feita com a utilização do Framework Flutter. De acordo com DEVMEDIA (2019) Flutter é um Framework construído pelo Google para facilitar o desenvolvimento de aplicativos multiplataforma (tanto para Android como IOS).

O Flutter surge com uma proposta que se assemelha com a ferramenta do Facebook para a criação de aplicativos híbridos, React Native, a qual utiliza Javascript na produção de aplicações de forma nativa utilizando um único código fonte.

Contudo, o Flutter vem se mostrando como ótima alternativa aos desenvolvedores de Aplicativos móveis, muito por sua fluidez e alta performance.

O Framework utiliza a linguagem de programação Dart, desenvolvida pelo Google em 2011, inicialmente focada para o desenvolvimento web, como alternativa para substituição do Javascript. A linguagem é orientada a objetos e sintaxe baseada em linguagem C.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em uma primeira etapa de treinamento a arquitetura do MobilenetV2 teve todas suas camadas e parâmetros treináveis congelados onde os pesos da rede pré-treinada não foram atualizados durante o treinamento e foi adicionado uma camada densa ao final da rede com 5 neurônios e definindo 25 épocas de treinamento com essa camada personalizada.

Na avaliação para implantação do modelo, inicialmente foram utilizadas 1328 imagens para os 5 rótulos distintos para treinamento e validação do modelo. Em um primeiro teste com o modelo já treinado, foram utilizadas 164 imagens para teste no aplicativo, onde desse total, 139 imagens foram classificadas de forma assertiva dando um total de 84.75% de precisão do modelo. A tabela 2 mostra os dados respectivos a cada um dos rótulos e seu nível de precisão.

Tabela 2 - análise da taxa de acerto do modelo no primeiro teste.

Gênero/Espécie	Total de imagens testadas	Número de acertos	Número de erros	Porcentagem média de acerto
<i>Crotalus</i> (Cascavel)	20	15	5	75%
<i>Bothrops</i> (Jararaca)	36	29	6	80,55%
<i>Lachesis</i> (Surucucu pico de Jaca)	36	30	6	83,33%
<i>Micrurus</i> (Coral)	32	30	2	93,75%
Serpentes sem Veneno	40	35	5	87,5%
Total	164	139	25	84,75%

Ao analisar os resultados da tabela 2, é visto que o rótulo que apresentou a melhor taxa de acerto foi do gênero *Micrurus* (Coral Verdadeira) onde, dentre as 32 imagens utilizadas para teste no aplicativo 30 foram identificadas com êxito apresentando um total de 93,75% na taxa de acerto. Seguindo depois o rótulo com imagens de serpentes sem veneno, destacando que esse rótulo possui uma variedade de espécies diferentes. Analisando os demais resultados, referente ao gênero *Lachesis*, o teste com o aplicativo Snake Classifier utilizando um total de 36 imagens obteve taxa de acerto de 83,33%.

É possível analisar que as duas espécies que mostraram menor precisão de acerto no teste com o aplicativo foram os gêneros *Crotalus* com 75% contendo 5 erros do total de 20 imagens analisadas, onde esses falsos positivos eram na verdade do gênero *Bothrops*. Que aponta a semelhança das características entre ambos, como por exemplo sua coloração próxima. Também pôde ser observado que as imagens dos animais com cores mais vivas tiveram maior quantidade de acerto no aplicativo.

Em um segundo treinamento, foi realizado o aumento de dados para 2401 imagens e foi feito um ajuste fino do modelo com o descongelamento de camadas posteriores da rede MobilenetV2, o intuito de utilizar essas camadas superiores pré-treinadas junto com as camadas personalizadas, possibilita utilizar o prévio conhecimento da arquitetura da Rede Neural para contribuir no aumento da precisão do valor da acurácia do modelo. Após o novo treinamento atingiu um nível de acurácia de 90,22%.

No segundo teste realizado diretamente no aplicativo, mostrou-se uma considerável melhora no desempenho em relação aos primeiros testes, obtendo um percentual de acerto de 88.41% nas imagens testadas, como é representado na tabela 3.

Tabela 3 - análise da taxa de acerto do modelo no segundo teste.

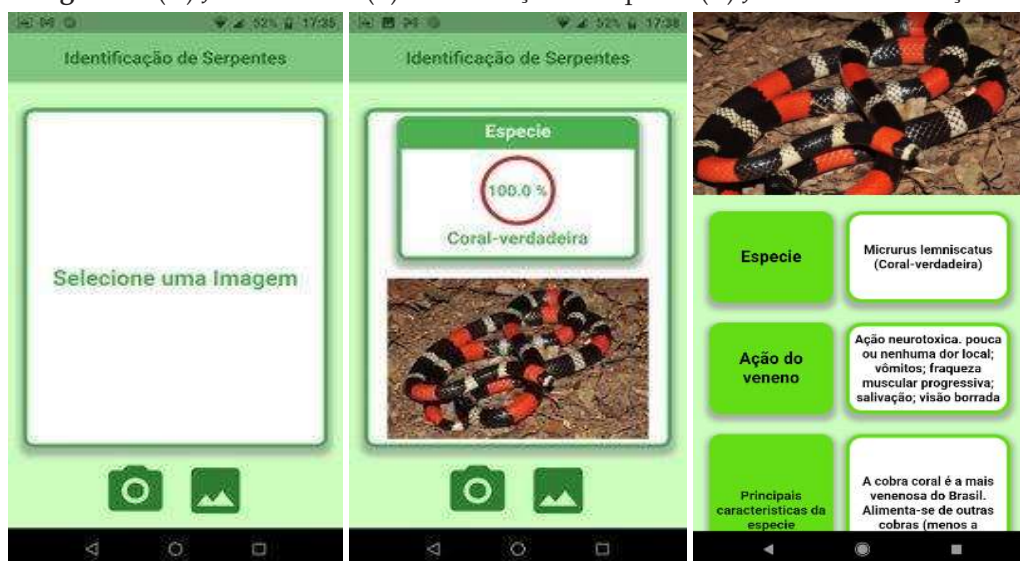
Gênero/Espécie	Total de imagens testadas	Número de acertos	Número de erros	Porcentagem média de acerto
<i>Crotalus</i> (Cascavel)	20	16	4	80%
<i>Bothrops</i> (Jararaca)	36	31	5	86.11%
<i>Lachesis</i> (Surucucu pico de Jaca)	36	32	4	88.88%
<i>Micrurus</i> (Coral)	32	30	1	93.75%
Serpentes sem Veneno	40	36	4	90%
Total	164	145	17	88.41%

Conclui-se que ao analisar a tabela 3 é notável a melhoria de desempenho e percentual de acerto em 3,66% após utilizar o aumento de dados e aplicar no modelo as técnicas de Transfer Learning utilizando e reaproveitando as camadas de uma rede pré-treinada.

Na figura 5 são apresentadas as janelas principais do aplicativo. A primeira janela (A), ao abrir o aplicativo com dois botões, um para abrir a câmera do celular e tirar a foto do animal para fazer a classificação, e outro caso queira selecionar uma imagem da galeria do dispositivo.

A imagem (B) com a segunda tela mostra a imagem que foi selecionada e sua respectiva classificação com a porcentagem que contém a probabilidade da serpente pertencer a determinado gênero e espécie. O aplicativo também possui uma tela onde são apresentadas as características e principais informações da espécie classificada.

Figura 5 - (A) Janela inicial. (B) Classificação da espécie. (C) Janela de informações.



Fonte: Autoria própria 2021.

CONCLUSÃO

O trabalho demonstra que a utilização dos métodos de Transfer Learning mostram-se totalmente eficazes quando possui um tamanho relativamente limitado de dados para treinamento do modelo de aprendizado profundo, além de proporcionar menor custo de implantação, assim como maior desempenho pois não requer um número grande de imagens e dispensa o treinamento de uma CNN começando do zero.

Com base nos resultados alcançados no aplicativo, obtendo uma taxa de acerto de 88.41% no teste com o aplicativo mobile e 90,22% no nível de acurácia do modelo treinado, observa-se que esta ferramenta, pode ser um mecanismo viável para fazer o reconhecimento e identificação de gêneros e espécies de serpentes peçonhentas no intuito de facilitar o atendimento a vítima de acidentes ofídicos.

Contudo, para um alcance ainda mais preciso nos resultados, é necessário um banco de imagens maior do que o que foi utilizado no trabalho para melhoria do conjunto de dados e diminuição da taxa de erro.

Para trabalhos futuros, almeja-se encorpar melhor o banco com mais imagens, para melhorar o desempenho durante o treinamento do modelo no sentido de aumentar seu nível de acurácia e por consequência, melhora da precisão do aplicativo.

REFERÊNCIAS

AGENCIA MINAS. **Funed lança novo aplicativo sobre as serpentes de Minas Gerais.** Disponível em: <<http://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/funed-lanca-novo-aplicativo-sobre-as-serpentes-de-minas-gerais>>. Acesso em 13 de maio. 2021.

BEZERRA, Mirthyan. **Serpente, escorpião e abelha: os animais peçonhentos que mais matam no país.** UOL NOTÍCIAS. 2019. Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/saude/ultimas-noticias/redacao/2019/05/06/mortes-animais-peconhentos-brasil.htm>>. Acesso em: 24 de fev. 2021.

BRITTO, Larissa, et al. **“Reconhecimento de Plantas Medicinais Usando Características de Cor, Textura e Forma.”** Anais do XVII Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional, Evento Online, 2020. SBC, 2020.

Coros Saúde. **O Brasil copatrocinou resolução para o problema dos acidentes ofídicos no mundo.** 2018. Disponível em: <<https://www.saude.gov.br/noticias/svs/43413-brasil-copatrocinou-resolucao-para-o-problema-dos-acidentes-ofidicos-no-mundo>> Acesso em: 24 de fev. 2021.

Devmedia. Devcast: **o que é flutter?** Disponível em: <<https://www.devmedia.com.br/flutter/>> Acesso em 24 de fev. 2021.

Gama Academy. **Como o aprendizado por transferência pode tornar o machine learning mais eficiente.** Disponível em: <<https://site-v1.gama.academy/blog/desenvolvimento/aprendizado-por-transferencia-machine-learning>>. Acesso em 24 de fev. 2021.

GINÊS, Daniel. ESTABILIS. **10 ferramentas / Frameworks de código aberto para IA.** 2018. Disponível em: <<https://blog.estabilis.com/10-ferramentas-frameworks-de-codigo-aberto-para-ia/>> Acesso em: 24 de fev. 2021.

Greenme. Atlas das Serpentes Brasileiras: o maior estudo sobre as espécies de serpentes no Brasil. 2020. Disponível em: <<https://www.greenme.com.br/informar-se/animais/41063-maior-estudo-sobre-serpentes-brasileiras-atlas/>>. Acesso em: 24 de fev. 2021.

MARQUES Junior, Luiz Carlos. **Classificação de plantas daninhas em banco de imagens utilizando redes neurais convolucionais.** Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista. 2020.

Ministério Da Saúde. **Acidentes por animais peçonhentos: o que fazer e como evitar.** Disponível em <<https://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/acidentes-por-animais-peconhentos-serpentes>>. Acesso em: 24 de fev. 2021.

NARDELLI, R. et al. **Aplicativo de celular para identificação das principais espécies comerciais de camarões.** Instituto Federal Catarinense. 2020.

National Geographic. **Qual é a diferença entre animais venenosos e peçonhentos?** Disponível em: <<https://www.nationalgeographicbrasil.com/animais/2020/01/>>

qual-e-diferenca-entre-animais-venenosos-e-peçonhentos>. Acesso em: 24 de fev. 2021.

OSÓRIO, F, S; BITTENCOURT, J, R. **Sistemas inteligentes baseados em Redes Neurais Artificiais aplicados ao Processamento de Imagens**. I WORKSHOP DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL UNISC – Universidade de Santa Cruz do Sul Departamento de Informática- Junho 2000.

Pub.Dev. **Encontre e use pacotes para construir aplicativos Dart e Flutter**. Disponível em: <<https://pub.dev>>. Acesso em 24 de fev. 2021.

Ricmais. **Veja o que fazer se encontrar animais silvestres**. 2020. Disponível em: <<https://ricmais.com.br/noticias/animais-silvestres/>>. Acesso em: 24 de fev. 2021.

Sandler, M et al. L.-C. (2018). **MobileNetV2: Inverted residuals and linear bottlenecks**. In IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pages 4510–4520, Salt Lake City, Utah, Estados Unidos. IEEE Press.

Tensorflow. **Implante modelos de machine learning em dispositivos móveis e de internet das coisas (IoT na sigla em Inglês)**. Disponível em: <<https://www.tensorflow.org/lite?hl=pt-br>>. Acesso em: 24 de fev. 2021.

Tensorflow. Transfer learning and fine-tuning. Disponível em: <https://www.tensorflow.org/tutorials/images/transfer_learning>. Acesso em 24 de fev. 2021.

CAPÍTULO 6

ALGUMAS PROPRIEDADES DO DIPOLO ELÉTRICO NO VÁCUO

Damião Pedro Meira Filho¹
José Reginaldo Pinto de Abreu²
Glairton Lima Nogueira³
Arthur Vinícius de Brito⁴
Emerson Ricardo de Moraes⁵
Silvinho Campos Amorim⁶

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.6

¹ Instituto Federal do Pará – Campus Santarém, Orcid: 0000-0003-0421-1094, damiao.meira@ifpa.edu.br
² Instituto Federal do Pará – Campus Santarém, Orcid: 0000-0001-5519-797X, reginaldo.abreu@ifpa.edu.br
³ Instituto Federal do Pará – Campus Santarém, ID Lattes: 8857035458004733, glairton.nogueira@ifpa.edu.br
⁴ Instituto Federal do Pará – Campus Santarém, Orcid: 0000-0002-9376-0804, arthur.brito@ifpa.edu.br
⁵ Instituto Federal do Pará – Campus Santarém, Orcid: 0000-0003-4412-7778, emerson.moraes@ifpa.edu.br
⁶ Secretaria de Estado da Educação – Itaituba – Pará, ID Lattes: 4023309796719028, sc_amorim@hotmail.com

RESUMO

Neste trabalho realizamos revisão de caráter didático apresentando os procedimentos matemáticos relativos à algumas propriedades do dipolo elétrico gerado por duas estruturas pontuais, separadas de uma dada distância, dotadas de carga elétrica de sinais opostos e mesmo módulo. Obtivemos o vetor campo elétrico, o potencial elétrico bem como calculamos novamente o vetor campo elétrico a partir do gradiente do potencial elétrico. Ainda escrevemos o vetor campo elétrico em termos do vetor momento de dipolo elétrico para todos os pontos do espaço em 3-dimensões. Por fim, apresentamos aplicação tecnologia concernente ao modelo simplificado de antena.

Palavras-chave: Dipolo elétrico, Propriedades, Antena.

ABSTRACT

In this work, we carried out a didactic review, presenting the mathematical procedures related to some properties of the electric dipole, which is generated by two punctual structures, with a given distance between them, with electric charge of opposite signals and same module. We obtained the electric field vector, the electric potential as well as we calculated the electric field vector again from the electric potential gradient. We still write the electric field vector in terms of the electric dipole moment for all points in 3-dimensional space. Finally, we present the technology application concerning the simplified antenna model.

Keywords: Electric Dipole, Properties, Antenna.

INTRODUÇÃO

No contexto dos estudos sobre eletromagnetismo clássico é necessário primeiramente estudar a eletrostática ou estática de estruturas dotadas de massa e de carga elétrica. Ressalte-se que a eletrostática considera a interação entre estruturas materiais, em geral puntiformes, dotadas de massa e de carga elétrica mantidas em repouso em relação a um sistema de referência e em repouso uma em relação a outra. Sabe-se que em torno de uma estrutura dotada de carga elétrica é gerado um campo elétrico bem como entre duas estruturas dotadas de massa e de carga elétrica surge uma força vetorial de atração (para o caso de uma estrutura com carga elétrica positiva e de outra estrutura com carga elétrica negativa) ou uma força vetorial de repulsão (para o caso de estruturas dotadas de carga elétrica de mesmo sinal). Este trabalho dedica-se a apresentar uma revisão de caráter didático sobre algumas propriedades e especificamente sobre uma aplicação relativa ao dipolo elétrico [1].

DESENVOLVIMENTO

O dipolo elétrico configura-se como uma distribuição discreta de estruturas materiais puntiformes dotadas de massa e de carga elétrica, a qual é composta por duas estruturas puntiformes uma com carga elétrica negativa e outra com carga elétrica positiva com distância $|\vec{d}|$ entre as referidas estruturas. É importante destacar alguns aspectos sobre o dipolo elétrico, a saber:

- Os dipolos elétricos são classificados como dipolo elétrico permanente e dipolo elétrico induzido;
- Em geral, os dipolos elétricos permanentes são constatados e observados em moléculas do tipo polares;
- A molécula do tipo polar caracteriza-se pelo fato de que o centro geométrico da distribuição de cargas elétricas positivas não coincide, em 3-dimensões espaciais, com o centro geométrico da distribuição de cargas elétricas negativas;
- A formação de dipolos elétricos permanentes é observada em moléculas cuja configuração espacial (em 3-dimensões) dos átomos que a constituem é do tipo assimétrica;
- Em alguns casos, um meio material submetido a uma elevada intensidade de campo elétrico pode apresentar assimetria entre o centro geométrico de cargas positivas e o centro geométrico de cargas negativas gerando um dipolo elétrico induzido cuja existência dependerá da permanência do referido campo elétrico externo [4].

Consideremos o diagrama da Figura 1, onde \vec{E} é o vetor campo elétrico, $q > 0$ é a carga elétrica e $|\vec{d}| > 0$ é a distância entre as cargas $+q$ e $-q$.

Figura 1 - Dipolo elétrico

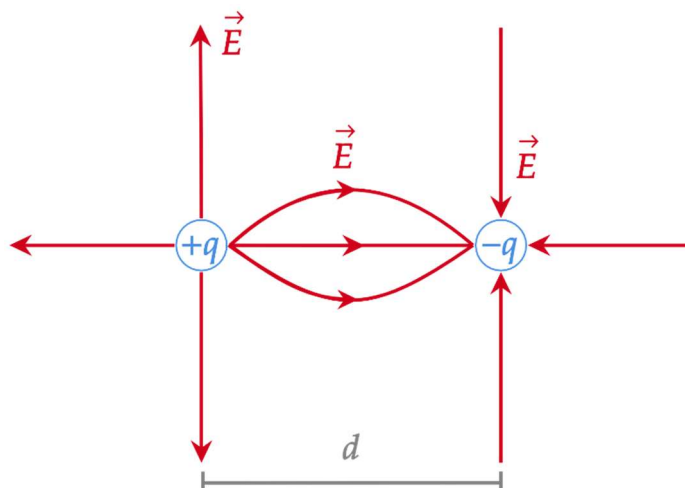
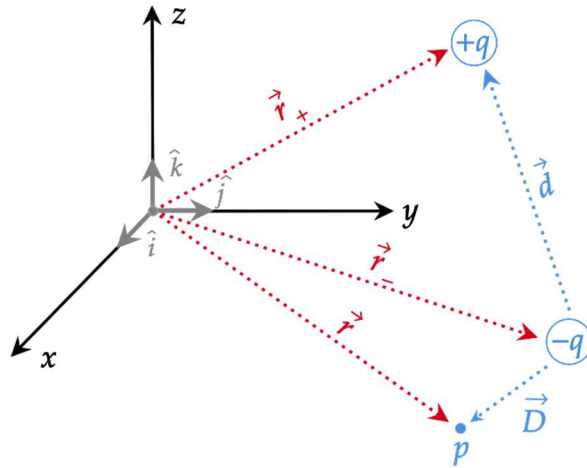


Figura 1 - Dipolo elétrico



Fonte: Autores

$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^2 \frac{q_i(\vec{r} - \vec{r}_i)}{ \vec{r} - \vec{r}_i ^3}$	Eq. (1)
---	---------

$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{q_1(\vec{r} - \vec{r}_1)}{ \vec{r} - \vec{r}_1 ^3} + \frac{q_2(\vec{r} - \vec{r}_2)}{ \vec{r} - \vec{r}_2 ^3} \right]$	
--	--

$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}_{+q})}{ \vec{r} - \vec{r}_{+q} ^3} - \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q})}{ \vec{r} - \vec{r}_{-q} ^3} \right]$	
--	--

$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d})}{ \vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d} ^3} - \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q})}{ \vec{r} - \vec{r}_{-q} ^3} \right]$	
---	--

$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d})}{ \vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d} ^3} - \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q})}{ \vec{r} - \vec{r}_{-q} ^3} \right]$	
---	--

$= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{(+q)(\vec{r} - \vec{r}_{+q})}{ \vec{r} - \vec{r}_{+q} - \vec{d} ^3} + \frac{(-q)(\vec{r} - \vec{r}_{-q})}{ \vec{r} - \vec{r}_{-q} ^3} \right]$	
---	--

$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}_{+q})}{ \vec{r} - \vec{r}_{+q} ^3} - \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q})}{ \vec{r} - \vec{r}_{-q} ^3} \right]$	
---	--

$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d})}{ \vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d} ^3} - \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q})}{ \vec{r} - \vec{r}_{-q} ^3} \right]$	Eq. (2)
--	---------

Considerando os dipolos elétricos, cuja configuração geométrica satisfaz a desigualdade $|\vec{d}| \ll |\vec{r} - \vec{r}_{-q}|$, onde

$0 < \frac{ \vec{d} }{ \vec{r} - \vec{r}_{-q} } \ll 1$	Eq. (3)
--	---------

e sabendo que

$\frac{\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d}}{ \vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d} ^3} = (\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d}) \vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d} ^{-3}$	Eq.(4)
---	--------

temos:

$ \vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d} = [(\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d}) \cdot (\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d})]^{\frac{1}{2}}$	
$= [(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot (\vec{r} - \vec{r}_{-q}) - \vec{d} \cdot (\vec{r} - \vec{r}_{-q}) - (\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d} + \vec{d}^2]^{\frac{1}{2}}$	
$= [\vec{r} - \vec{r}_{-q} ^2 - 2(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d} + \vec{d} ^2]^{\frac{1}{2}}$	Eq. (5)

De posse desse último resultado, podemos obter a expressão de $|\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d}|^{-3}$ conforme detalhado abaixo.

$$\begin{aligned}
 |\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d}|^{-3} &= \left[|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2 - 2(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d} + |\vec{d}|^2 \right]^{\frac{1}{2}}^{-3} \\
 &= \left\{ |\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2 \left[1 - 2 \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} + \frac{|\vec{d}|^2}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} \right] \right\}^{-\frac{3}{2}} \\
 &= |\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^{-3} \left[1 - 2 \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} + \frac{|\vec{d}|^2}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} \right]^{-\frac{3}{2}}
 \end{aligned}
 \tag{Eq. (6)}$$

Da série infinita de Taylor, sabemos que

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(x - x_0)^n}{n!} \left. \frac{d^n f(x)}{dx^n} \right|_{x=x_0} \quad \text{Eq. (7)}$$

onde para $x_0 = 0$, identificamos:

$$f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} \left. \frac{d^n f(x)}{dx^n} \right|_{x=x_0=0} \quad \text{Eq. (8)}$$

Expandindo essa última série, verificamos:

$$\begin{aligned} f(x) &= \frac{x^0}{0!} \left. \frac{d^0 f(x)}{dx^0} \right|_{x=0} + \frac{x^1}{1!} \left. \frac{d^1 f(x)}{dx^1} \right|_{x=0} + \frac{x^2}{2!} \left. \frac{d^2 f(x)}{dx^2} \right|_{x=0} + \frac{x^3}{3!} \left. \frac{d^3 f(x)}{dx^3} \right|_{x=0} + \dots \\ &= f(0) + x \left. \frac{df(x)}{dx} \right|_{x=0} + \frac{x^2}{2} \left. \frac{d^2 f(x)}{dx^2} \right|_{x=0} + \frac{x^3}{6} \left. \frac{d^3 f(x)}{dx^3} \right|_{x=0} + \dots \end{aligned} \quad \text{Eq. (9)}$$

Seja ainda $f(x) = (1+x)^k$, tal que $0 < x < 1$, reconhece-se as seguintes relações:

$$\begin{aligned} f(0) &= 1^k = 1 \\ \frac{df(x)}{dx} &= k(1+x)^{k-1} \frac{d}{dx}(1+x) = k(1+x)^{k-1} \\ \frac{d^2 f(x)}{dx^2} &= k(k-1)(1+x)^{k-2} \frac{d}{dx}(1+x) = k(k-1)(1+x)^{k-2} \\ \frac{d^3 f(x)}{dx^3} &= k(k-1)(k-2)(1+x)^{k-3} \frac{d}{dx}(1+x) = k(k-1)(k-2)(1+x)^{k-2} \end{aligned}$$

Substituindo essas relações na equação (9), obtemos:

$$\begin{aligned} f(x) &= 1 + xk(1+x)^{k-1} \Big|_{x=0} + \frac{x^2}{2} k(k-1)(1+x)^{k-2} \Big|_{x=0} + \\ &\quad \frac{x^3}{6} k(k-1)(k-2)(1+x)^{k-3} \Big|_{x=0} + \dots \\ f(x) &= 1 + kx + \frac{k(k-1)x^2}{2} + \frac{k(k-1)(k-2)x^3}{6} + \dots \end{aligned} \quad \text{Eq. (10)}$$

Para efeitos de simplificação algébrica, desconsidera-se todos os termos acima da 2ª ordem [2]. Isto posto, a equação (10) reduz-se à:

$$f(x) = (1 + x)^k = 1 + kx \quad \text{Eq. (11)}$$

Comparando

do esse último resultado com a equação (6), identifica-se que $k = -\frac{3}{2}$ e

$$x = -2 \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} + \frac{|\vec{d}|^2}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} \quad \text{Eq. (12)}$$

de modo que:

Novamente, para fins de simplificação, desconsiderando os termos $\frac{|\vec{d}|}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|}$ com ordem 2, verificamos

$$\left\{ 1 + \left[-2 \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} + \frac{|\vec{d}|^2}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} \right] \right\}^{-2} \approx 1 + 3 \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2}$$

Retomando a equação (6) e usando adequadamente essas novas relações, facilmente identificamos

$$|\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d}|^{-3} \approx |\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^{-3} \left[1 + 3 \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} \right]$$

E assim, podemos escrever:

$$\begin{aligned} \frac{\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d}|^3} &\approx \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d})}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^3} \left[1 + 3 \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} \right] \\ &\approx \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q})}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^3} + \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) 3(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^5} + \\ &\quad - \frac{\vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^3} - 3\vec{d} \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^5} \\ &\approx \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q})}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^3} + \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) 3(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^5} - \frac{\vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^3} \end{aligned} \quad \text{Eq. (13)}$$

onde a simplificação obtida na equação (13) decorre do fato de desconsiderarmos os termos $\frac{|\vec{d}|}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|}$ com ordem maior ou igual a 2.

Uma vez obtido esse resultado, alcançamos a equação (2) para o campo elétrico em questão.

$$\begin{aligned}
 \vec{E}(\vec{r}) &\approx \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q})}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^3} + \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q})3(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^5} - \frac{\vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^3} \right. \\
 &\quad \left. - \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q})}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^3} \right] \\
 \vec{E}(\vec{r}) &\approx \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[3 \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^5} \right] (\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \right. \\
 &\quad \left. - \frac{\vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^3} \right] \\
 \vec{E}(\vec{r}) &\approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left\{ 3 \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot (q\vec{d})}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^5} \right] (\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \right. \\
 &\quad \left. - \frac{(q\vec{d})}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^3} \right\}
 \end{aligned} \tag{Eq. (14)}$$

Momento de dipolo elétrico

Consideremos o momento de dipolo elétrico, cuja unidade de medida é o Debye, é dado por [3]

$$\vec{p}_{DE} = q\vec{d} \tag{Eq. (15)}$$

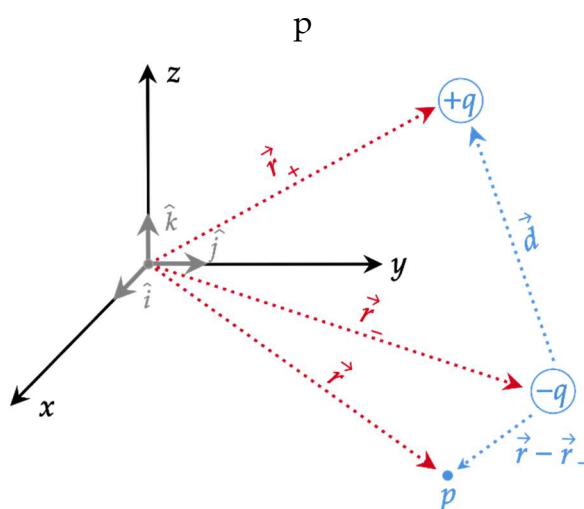
Nesse sentido, podemos reescrever a equação (14) como:

$$\vec{E}(\vec{r}) \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left\{ 3 \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{p}_{DE}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^5} \right] (\vec{r} - \vec{r}_{-q}) - \frac{\vec{p}_{DE}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^3} \right\} \tag{Eq. (16)}$$

que é válida para $\vec{r} - \vec{r}_{-q} \neq \vec{0}$, e por consequência $|\vec{r} - \vec{r}_{-q}| \neq 0$. Observe que a equação (16) é admitida como a expressão do campo elétrico gerada por um dipolo elétrico obtida via expansão da série infinita de Taylor em que os termos $\frac{|\vec{d}|}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|}$ de ordem maior ou igual a 2 são desprezados. Ademais, menciona-se que o campo elétrico gerado pelo dipolo elétrico decai com $\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^3}$, enquanto o campo elétrico gerado por uma carga pontual decai com $\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2}$.

Potencial elétrico gerado por um dipolo elétrico

Figura 2 - Dipolo elétrico



Fonte: Autores

O potencial elétrico para o dipolo elétrico é dado por [3]:

$$\begin{aligned}\vec{V}_{DE}(\vec{r}) &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^2 \frac{q_i}{|\vec{r} - \vec{r}_i|} \\ &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q_1}{|\vec{r} - \vec{r}_1|} + \frac{q_2}{|\vec{r} - \vec{r}_2|} \right)\end{aligned}\quad \text{Eq. (17)}$$

Seja $q_1 = +q_0$, $q_2 = -q$, $\vec{r}_1 = \vec{r}_{+q}$, $\vec{r}_2 = \vec{r}_{-q}$ e $\vec{r}_{+q} = \vec{r}_{-q} + \vec{d}$, reescrevemos a expressão $\vec{V}_{pE}(\vec{r})$ como:

$$\begin{aligned}\vec{V}_{DE}(\vec{r}) &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{|\vec{r} - \vec{r}_{+q}|} - \frac{q}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|} \right) \\ &= \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d}|} - \frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|} \right)\end{aligned}\quad \text{Eq. (18)}$$

Novamente, recorrendo as séries de Taylor podemos aproximar o seguinte termo:

$$\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d}|} = |\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d}|^{-1} \quad \text{Eq. (19)}$$

Usando as expressões das aproximações obtidas anteriormente, temos:

$$|\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d}|^2 = |\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2 - 2(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d} + |\vec{d}|^2$$

Elevando ambos os lados da expressão por $-\frac{1}{2}$, temos:

$$|\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d}|^{-1} = |\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^{-1} \left[1 - \frac{2(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} + \frac{|\vec{d}|^2}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad \text{Eq. (20)}$$

Desconsiderando os termos $\frac{|\vec{d}|}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|}$ com ordem maior ou igual a 2, temos,

$$\left[1 - \frac{2(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} + \frac{|\vec{d}|^2}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} \right]^{-\frac{1}{2}} \approx \left[1 - \frac{2(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad \text{Eq. (21)}$$

Relacionado os termos da aproximação dada nessa última equação como

$$k = -\frac{1}{2}$$

e

$$x = -\frac{2(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2}$$

temos

$$\left[1 - \frac{2(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} + \frac{|\vec{d}|^2}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} \right]^{-\frac{1}{2}} \approx 1 + \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^2} \quad \text{Eq. (22)}$$

e desse modo, substituindo esse resultado na equação (20), alcançaremos:

$$|\vec{r} - \vec{r}_{-q} - \vec{d}|^{-1} = \frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|} + \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^3} \quad \text{Eq. (23)}$$

Retomando a equação do potencial elétrico e aplicando essas últimas relações, obtemos

$$\begin{aligned} \vec{V}_{DE}(\vec{r}) &\approx \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{d}}{|\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^3} \right] \\ &\approx \frac{(\vec{r} - \vec{r}_{-q}) \cdot \vec{p}_{DE}}{4\pi\epsilon_0 |\vec{r} - \vec{r}_{-q}|^3} \end{aligned} \quad \text{Eq. (24)}$$

Admitindo, $\vec{r}' = \vec{r}_{-q}$:

$$\vec{V}_{DE}(\vec{r}) \approx \frac{(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}}{4\pi\epsilon_0 |\vec{r} - \vec{r}'|^3} \quad \text{Eq. (25)}$$

Usando o operador diferencial parcial de caráter vetorial Nabla escrito em coordenadas cartesianas

$$\vec{\nabla} = \hat{i} \frac{\partial}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial}{\partial z},$$

temos

$$\vec{\nabla} \vec{V}_{DE}(\vec{r}) \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\hat{i} \frac{\partial}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial}{\partial z} \right) \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \cdot \vec{p}_{DE} \right] \quad \text{Eq. (26)}$$

Da figura 2, sabemos que $\vec{r} = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}$ e $\vec{r}' = x'\hat{i} + y'\hat{j} + z'\hat{k}$, de modo que:

$$\vec{r} - \vec{r}' = (x - x')\hat{i} + (y - y')\hat{j} + (z - z')\hat{k} \quad \text{Eq. (27)}$$

$$|\vec{r} - \vec{r}'|^2 = (x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2 \quad \text{Eq. (28)}$$

$$|\vec{r} - \vec{r}'| = [(x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Eq. (29)}$$

$$|\vec{r} - \vec{r}'|^3 = [(x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2]^{\frac{3}{2}} \quad \text{Eq. (30)}$$

Nesse sentido:

$$(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE} = (x - x')p_{x_{DE}} + (y - y')p_{y_{DE}} + (z - z')p_{z_{DE}} \quad \text{Eq. (31)}$$

$$\text{onde } \vec{p}_{DE} = \hat{i}p_{x_{DE}} + \hat{j}p_{y_{DE}} + \hat{k}p_{z_{DE}}.$$

De posse dessas relações, verifica-se que:

$$\frac{(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} = \frac{(x - x')p_{x_{DE}} + (y - y')p_{y_{DE}} + (z - z')p_{z_{DE}}}{[(x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2]^{\frac{3}{2}}} \quad \text{Eq. (32)}$$

Em relação às derivadas parciais, identificamos para a coordenada x , a seguinte expressão

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \right] = \left(\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} p_{x_{DE}} \right) \frac{\partial}{\partial x} (x - x') + [(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}] \frac{\partial}{\partial x} (|\vec{r} - \vec{r}'|^{-3}) \quad \text{Eq. (33)}$$

$$\text{onde sabendo que } \frac{\partial}{\partial x} (x - x') = 1 \text{ e}$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left\{ [(x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2]^{-\frac{3}{2}} \right\} = -3 \frac{(x - x')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^5} \quad \text{Eq. (34)}$$

Obtemos:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \right] = \frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} p_{x_{DE}} - 3 \frac{(x - x')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^5} [(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}] \quad \text{Eq. (35)}$$

Adotando procedimento análogo, a derivada parcial da equação (26) em relação à coordenada y resulta em:

$$\frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \right] = \left(\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} p_{y_{DE}} \right) \frac{\partial}{\partial y} (y - y') + [(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}] \frac{\partial}{\partial y} (|\vec{r} - \vec{r}'|^{-3}) \quad \text{Eq. (36)}$$

$$\text{Solucionado essa última expressão, temos que } \frac{\partial}{\partial y} (y - y') = 1 \text{ e}$$

$$\frac{\partial}{\partial y} \left\{ [(x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2]^{-\frac{3}{2}} \right\} = -3 \frac{(y - y')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^5} \quad \text{Eq. (37)}$$

cuja substituição apropriada na equação (36), resulta em:

$$\frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \right] = \frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} p_{yDE} - 3 \frac{(y - y')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^5} [(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}] \quad \text{Eq. (38)}$$

Por fim, em relação à coordenada z , temos:

$$\frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \right] = \left(\frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} p_{zDE} \right) \frac{\partial}{\partial z} (z - z') + [(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}] \frac{\partial}{\partial z} (|\vec{r} - \vec{r}'|^{-3}) \quad \text{Eq. (39)}$$

Solucionando essa última equação, verificamos que $\frac{\partial}{\partial z} (z - z') = 1$ e

$$\frac{\partial}{\partial z} \left\{ [(x - x')^2 + (y - y')^2 + (z - z')^2]^{-\frac{3}{2}} \right\} = -3 \frac{(z - z')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^5} \quad \text{Eq. (40)}$$

que nos permite obter:

$$\frac{\partial}{\partial z} \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \right] = \frac{1}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} p_{zDE} - 3 \frac{(z - z')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^5} [(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}] \quad \text{Eq. (41)}$$

De posse desses resultados, temos:

$$\begin{aligned} \vec{\nabla} \vec{V}_{DE}(\vec{r}) &\approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left\{ \hat{i} \left[\frac{p_{xDE}}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} - 3 \frac{(x - x')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^5} [(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}] \right] + \right. \\ &\quad \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left\{ \hat{j} \left[\frac{p_{yDE}}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} - 3 \frac{(y - y')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^5} [(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}] \right] + \right. \\ &\quad \left. \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left\{ \hat{k} \left[\frac{p_{zDE}}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} - 3 \frac{(z - z')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^5} [(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}] \right] \right\} \right\} \\ &\approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left\{ \frac{\vec{p}_{DE}}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} - 3 \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}}{|\vec{r} - \vec{r}'|^5} \right] (\vec{r} - \vec{r}') \right\} \end{aligned} \quad \text{Eq. (42)}$$

Assim, podemos identificar que:

$$\vec{E}_{DE} = -\vec{\nabla} \vec{V}_{DE}(\vec{r}) \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left\{ 3 \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}') \cdot \vec{p}_{DE}}{|\vec{r} - \vec{r}'|^5} \right] (\vec{r} - \vec{r}') - \frac{\vec{p}_{DE}}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \right\} \quad \text{Eq. (43)}$$

Observa-se que $|\vec{d}|$ pode ser considerado como o raio de uma esfera infinitesimal centrada na posição \vec{r}' , isto é, $|\vec{d}| \rightarrow 0$. Generalizando para qualquer $\vec{r} - \vec{r}'$ e $|\vec{r} - \vec{r}'|$, inclusive para

$\vec{r} - \vec{r}' = \vec{0}$ e $|\vec{r} - \vec{r}'| = 0$, temos:

$$\vec{E}_{DE} \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left\{ 3 \left[\frac{(\vec{r} - \vec{r}')}{|\vec{r} - \vec{r}'|^5} \cdot \vec{p}_{DE} \right] (\vec{r} - \vec{r}') - \frac{\vec{p}_{DE}}{|\vec{r} - \vec{r}'|^3} \right\} - \frac{\vec{p}_{DE}}{3\epsilon_0} \delta(\vec{r} - \vec{r}') \quad \text{Eq. (44)}$$

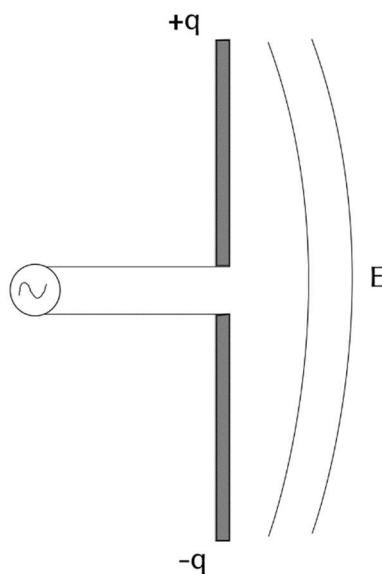
APLICAÇÃO

Existem diversas aplicações tecnológicas relativas ao dipolo elétrico, o qual é formado por duas estruturas pontuais ou puntiformes dotadas de massa e de carga elétrica com mesmo módulo e sinais contrários. Um exemplo clássico são as antenas, as quais são definidas como linhas de transmissão com as extremidades abertas, e são amplamente utilizadas em TVs, e outros equipamentos de comunicação. Ressalte-se que o sistema é alimentado por circuito sob corrente alternada. As cargas elétricas percorrem o circuito e, ao chegar no fim do material condutor para verificar se o circuito está aberto ou não, acabam por se acumularem nos extremos dos condutores, formando o dipolo elétrico. A Figura 3 apresenta um modelo em duas dimensões de uma antena, com distribuição das cargas elétricas e linhas de vetor campo elétrico [5].

A análise matemática da antena parte da equação já apresentada para o vetor campo elétrico:

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^2 \frac{q_i(\vec{r} - \vec{r}_i)}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^3}$$

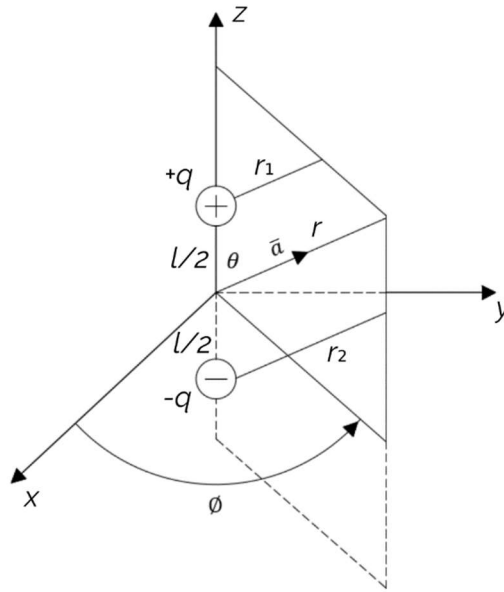
Figura 3 - Modelo em duas dimensões de uma antena



Fonte: Autores

O vetor campo elétrico gerado por uma antena é tratado como campo elétrico medido a longa distância da referida antena, pois a distância entre a antena e a região do espaço onde se pretende calcular o vetor campo elétrico é muitas vezes maior em comparação com as dimensões da antena. Para efeito de exemplo, coloca-se duas cargas com distância l conforme Figura 4.

Figura 4 – Dipolo elétrico em um sistema de coordenadas esféricas



Fonte: Autores

Objetivando calcular o vetor campo elétrico em regiões muito distantes, é menos complexo determinar primeiramente o potencial elétrico e em seguida calcular o vetor campo elétrico, do que fazer diretamente a soma vetorial dos vetores campo elétrico gerado por cada estrutura puntiforme dotada de carga elétrica. Deste modo, usufruindo do sistema de coordenadas esféricas, temos:

$$\Phi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_1} + \frac{-q}{4\pi\epsilon_0 r_2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{r_2 - r_1}{r_1 r_2} \right)$$

Sabendo que

$$r_1 = r - \frac{l}{2} \cos \theta$$

$$r_2 = r + \frac{l}{2} \cos \theta$$

$$r_2 - r_1 = l \cos \theta$$

$$r_1 r_2 = r^2 - \frac{l^2}{4} \cos^2 \theta$$

Substituindo as equações, tem-se:

$$\Phi = \frac{ql \cos \theta}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Para fins de se obter o vetor campo elétrico em regiões distantes da antena, aplica-se o operador diferencial parcial de caráter vetorial (operador nabla) escrito em termos das coordenadas esféricas, tal que podemos escrever o vetor campo elétrico como:

$$\vec{E} = -\nabla\Phi = -\bar{a}_r \frac{\delta\Phi}{\delta r} - \bar{a}_\theta \frac{\delta\Phi}{r\delta\theta} - \bar{a}_\phi \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\delta\Phi}{\delta\phi}$$

Enfim

$$\vec{E} = \frac{ql}{4\pi\epsilon_0 r^3} (2 \cos \theta \bar{a}_r + \sin \theta \bar{a}_\theta)$$

Em posse do vetor campo elétrico, é possível calcular o vetor momento de dipolo elétrico, entre outras grandezas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi desenvolvido ao longo deste trabalho, detalhada e minuciosa revisão didática sobre alguns aspectos associados a configuração de duas estruturas estáticas dotadas de massa e de carga elétrica, de sinais opostos e de mesmo módulo, denominada dipolo elétrico. Especificamente, foi obtido o vetor campo elétrico, a função escalar potencial elétrico e o vetor momento de dipolo elétrico gerado pelo dipolo elétrico, considerando que a distância entre o dipolo elétrico e a região do espaço de 3-dimensões onde se pretende calcular o campo elétrico é muitas vezes maior em comparação com a distância entre as cargas elétricas componentes do supracitado dipolo. Com perspectiva de contextualização tecnológica foi dado resumo desta-que ao modelo simplificado de antena.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam agradecimentos ao notável pesquisador Professor Jorge Kysnney Santos Kamassury pelas exitosas e profícuas discussões sobre eletromagnetismo e aplicações. Adicionalmente, os autores reconhecem o permanente suporte disponibilizado pelo Instituto Federal do Pará Campus de Santarém.

REFERÊNCIAS

- [1] José Maria Filardo Bassalo. Eletrodinâmica Clássica. Editora Livraria da Física. São Paulo - Brasil. 2008.
- [2] Kleber Daum Machado. Eletromagnetismo: Volume 1. Editora TodaPalavra. Ponta Grossa - Brasil. 2012.
- [3] David J. Griffiths. Introduction to Electrodynamics. Cambridge University Press. Cambridge - United Kingdom. 2017.
- [4] H. M. Nussenzveig. Curso de Física Básica: Volume 3 - Eletromagnetismo. Editora Blucher. São Paulo - Brasil. 2015.
- [5] Carlos P. Quevedo, Cláudia Quevedo Lodi. Ondas Eletromagnéticas. Editora Pearson. São Paulo - Brasil. 2010.





CAPÍTULO 7

LICENCIANDOS/AS EM MATEMÁTICA E A EXPERIÊNCIA COM GEOMETRIA ANALÍTICA

*GRADUATES IN MATHEMATICS AND THE EXPERIENCE
WITH ANALYTICAL GEOMETRY*

Gildelson Felicio de Jesus¹

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.7

¹ E-mail: gjesus@uneb.br ; Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4710803101874659>

RESUMO

A investigação que subsidia este artigo discute a apropriação de práticas matemáticas de estudantes em meio à problemática que envolve a formação de professores, focalizadas nos desafios da disciplina Geometria Analítica no curso de Licenciatura em Matemática UNEB em Caetité-Bahia. Tomamos como referencial teórico estudos sobre apropriação de práticas de numeramento enquanto práticas matemáticas nas diversas instâncias da vida social e estudos que se voltam para os cursos de Licenciatura em Matemática, responsáveis pela formação dos/as professores/as da Educação Básica. Os procedimentos metodológicos foram empreendidos em duas etapas: aplicação de um questionário para traçar o perfil dos/as licenciandos/as e obter opinião sobre suas experiências enquanto discente; e realização de encontros com grupos focais para discutir e desencadear posicionamentos em relação à aprendizagem da matemática na Educação Básica e no Ensino Superior, motivados por discussões *sobre* Geometria Analítica. Do tratamento do material empírico, destacamos alguns dados dos questionários que apontam uma possível ausência da Geometria Analítica no Ensino Médio, um estranhamento dos/as licenciandos/as às práticas matemáticas do Ensino Superior, com desdobramento no desempenho e nas práticas de estudo. Esses resultados são ratificados nas falas dos/as estudantes durante os encontros dos grupos focais. Para corroborar com a discussão dos dados e a reflexão sobre a formação do professor de matemática, apresentamos um relato de experiência com aulas remotas da disciplina Geometria Analítica sob a ótica do professor formador e os desafios que envolvem as práticas matemáticas nas licenciaturas.

Palavras-chave: Licenciatura em Matemática. Geometria Analítica. Apropriação de práticas matemáticas. Estratégias de estudo. Experiência docente.

ABSTRACT

The investigation that supports this article discusses the appropriation of students' mathematical practices amid the problem that involves teacher training, focused on the challenges of the Analytical Geometry discipline in the UNEB Mathematics graduation course in Caetité-Bahia. We take as a theoretical reference study the appropriation of numeracy practices as mathematical practices in the various instances of social life and studies that focus on Mathematics graduation courses, responsible for the training of Basic Education teachers. The methodological procedures were carried out in two stages: application of a questionnaire to profile the undergraduates and collect opinions on their experiences as students; and meetings held with focus groups to discuss and trigger positions in relation to the learning of

mathematics in Basic Education and Higher Education, motivated by discussions on Analytical Geometry. From the treatment of the empirical material, we highlight some data from the questionnaires that point to a possible absence of Analytical Geometry in High School, an estrangement of graduates from the mathematical practices of Higher Education, with unfolding in performance and study practices. These results were confirmed in the statements made by the students during the focus group meetings. To corroborate the data discussion and the reflection on the formation of the mathematics teacher, we present an experience report with remote classes of the Analytical Geometry subject from the perspective of the teacher trainer and the challenges that involve the mathematical practices in the degrees.

Keywords: Mathematics Graduation. Analytical Geometry. Appropriation of mathematical practices. Study Strategies. Teaching Experience.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta um recorte de uma pesquisa mais ampla que gerou a tese “*Tem outro jeito de fazer, moço!:* apropriação de práticas de numeramento escolares por estudantes de Licenciatura em Matemática da Uneb – Caetité” (FELICIO DE JESUS, 2021), cujo objetivo é compreender os modos como os/as estudantes universitários/as se apropriam das práticas de numeramento escolares no curso de Licenciatura em Matemática da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), na cidade de Caetité, Bahia.

Inicialmente, cabe esclarecer que a pesquisa sobre apropriação de práticas de numeramento discute as práticas matemáticas como práticas discursivas nos diversos âmbitos da vida social. Estudiosos da Educação Matemática, a exemplo de Fonseca (2017), vêm adotando o conceito de práticas de numeramento de forma mais ampla, incluindo, assim, as práticas matemáticas cotidianas, escolares e acadêmicas, como práticas sociais. Todavia, essa discussão não será aprofundada neste artigo, tendo em vista que, aqui, estaremos nos restringindo a discutir e a focalizar alguns pontos inerentes à experiência com a disciplina Geometria Analítica para tentar compreender as vozes que ecoam dos/as estudantes participantes de nosso estudo.

As discussões sobre ensino e aprendizagem matemática, sobre o desempenho dos/as estudantes no Ensino Básico, sobre o papel das licenciaturas na formação do/a professor/a, sobre a apropriação do conhecimento matemático e em torno de que conhecimentos matemáticos são necessários para se viver em sociedade e atravessarmos décadas. Por serem temas complexos e por vivermos em um mundo plural (e desigual), de constantes avanços tecnológicos e mudanças de comportamento,

estudos que contenham em sua essência essas discussões se mostram necessários na contemporaneidade. O campo da Educação Matemática, nesse contexto, configura-se como uma área relativamente nova, que tem contribuído significativamente com investigações e propostas que contemplem correntes epistemológicas diferentes e, por vezes, divergentes no enfrentamento dos desafios que a formação docente apresenta.

A fim de realizarmos incursões nessa perspectiva, o presente artigo encontra-se organizado da seguinte forma: inicialmente, apresentamos a Fundamentação Teórica, seção na qual convocamos alguns estudiosos para o diálogo, a exemplo de Fonseca (2017), Moreira e David (2016), Smolka (2000), Gatti (2010, 2012), Moreira e Ferreira (2013), entre outros, para auxiliar na análise do material empírico que reunimos; em seguida, trazemos a Metodologia expondo a natureza qualitativa da pesquisa em que o trabalho de campo se deu por meio da aplicação de questionários e realização de encontros com grupos focais; por fim, mostramos os nossos resultados na seção Resultados e Discussões, seguida das Considerações Finais e Referências.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os estudos que nomeiam as práticas matemáticas como *práticas de numeramento* estão fortemente representados em trabalhos do Grupo de Estudos sobre Numeramento (GEN) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), que busca conhecer os sujeitos da pesquisa para que seja possível ter uma compreensão do fenômeno educativo nas suas variadas dimensões e para que possa haver uma maior possibilidade de leitura crítica das relações que se estruturam em uma sociedade grafocêntrica e quanticrata (FONSECA, 2017).

Cabe observar que não estamos restringindo a apropriação a uma ideia de êxito em atividades matemáticas realizadas pelo indivíduo de forma a produzir uma resposta *adequada*. A apropriação, tal como a queremos abordar, está relacionada à ação do sujeito de tornar *próprio*. Entretanto, “tornar próprio não significa exatamente, e nem sempre coincide com tornar adequado às expectativas sociais. Existem modos de tornar próprio, de tornar seu, que não são adequados ou pertinentes para o outro” (SMOLKA, 2000, p.32). Assim, ao focalizar a apropriação de práticas de numeramento escolares por estudantes da licenciatura, consideramos que a “[...] apropriação está relacionada a diferentes modos de participação nas práticas sociais, diferentes possibilidades de produção de sentido” (SMOLKA, 2000, p.33).

Investigar processos vivenciados por estudantes de licenciatura em sua relação com a matemática escolar e contemplar a discussão sobre o lugar da Matemática

na Licenciatura é uma tarefa delicada e, por vezes, traz divergências. Moreira e Ferreira (2013) argumentam que o consenso de que a matemática tem que ocupar um lugar central na Licenciatura se dissolve quando a discussão traz a complexidade que o assunto exige e indagações aparecem com maior profundidade, tais como:

trata-se de pensar o lugar de qual matemática na licenciatura em matemática? O professor de matemática separa, em lugares distintos e estanques, os diferentes saberes mobilizados em sua prática docente escolar? Correspondentemente, até que ponto é adequado à formação do professor de matemática separar, em lugares distintos e estanques, os conhecimentos matemáticos relevantes para a (futura) prática docente escolar? [...] Como tem se modificado, ao longo da história, a própria matemática (que ocupa seus lugares) na licenciatura? (MOREIRA; FERREIRA, 2013, p.07 – grifos dos autores).

Os autores ponderam que se, por um lado, a licenciatura é o curso que tem como objetivo formar e habilitar o indivíduo ao magistério por meio de conhecimentos específicos da matemática e conhecimentos didáticos aplicáveis às técnicas de ensino; por outro lado, a docência em matemática, enquanto trabalho social complexo, não desvincula o professor de matemática de suas práticas sociais (MOREIRA; FERREIRA, 2013).

Entre outros aspectos da problemática envolvendo a licenciatura, a falta de mediação e equilíbrio entre formação específica e formação pedagógica têm gerado problemas na formação dos/as licenciandos/as em matemática, pois os

cursos de licenciatura em Matemática estão formando profissionais com perfis diferentes, alguns com uma formação matemática profunda, que talvez não se sintam preparados para enfrentar as situações em sala de aula, que não se restringem ao saber matemático. Outros, com formação pedagógica desconexa da formação específica em Matemática, forçando o licenciado a encontrar as inter-relações entre essas formações (GATTI, 2010, p. 121).

Assim, a maioria dos cursos de Licenciatura em Matemática do Brasil acaba sendo estruturado e desenvolvido de tal modo que não logra possibilitar aos licenciandos oportunidades e estratégias de (re-)significação ou ampliação do conhecimento matemático que lhes foi apresentado em sua trajetória na Educação Básica.

Considerando as restrições deste espaço para o aprofundamento do referencial teórico, avancemos sucintamente para os aspectos metodológicos para, em seguida, destacarmos alguns tópicos do que encontramos no material empírico.

3 METODOLOGIA

No trabalho de campo empreendido, para produzir o material empírico, além da aplicação dos questionários, foram realizados encontros com Grupos Focais (GFs). Para Kitzinger (1994), um grupo é *focalizado* quando essa atividade acontece

de forma coletiva para conversar sobre um tema e discutir um conjunto específico de questões, entre outras finalidades. Gatti (2012, p.7) acrescenta que “[...]os participantes devem ter alguma vivência com o tema a ser discutido, de tal modo que sua participação possa trazer elementos ancorados em suas experiências cotidianas”. A escolha da técnica de grupos focais favoreceu uma riqueza na coleta de dados e maior espontaneidade pela interação entre os/as licenciandos/as que compuseram os três grupos.

Diante dessa opção metodológica, na primeira fase, foi aplicado um questionário com 70 questões e contou com participação de 116 (77 %) estudantes do curso de Licenciatura em Matemática da UNEB de Caetité-Ba para traçar um perfil destes estudantes e obter informações sobre suas experiências no curso e anterior a ele. Na segunda fase, constituímos três grupos focais: um com estudantes do 1º semestre, um com estudantes do 3º e 5º semestres e um com estudantes do 7º e 9º semestres para em seguida realizar Encontros de Grupos Focais, reunindo parte dos/as licenciandos/as para discutir as suas experiências com a disciplina Geometria Analítica, cujo roteiro elaborado contemplava também, desencadear posicionamentos em relação à aprendizagem da matemática no Ensino Básico e Ensino Superior, os quais apresentaremos alguns resultados na próxima seção.

A escolha do tema Geometria Analítica para o desenvolvimento das dinâmicas de discussão nos Grupos Focais deve-se ao destacado papel que tal campo assume para a Matemática na Educação Básica, no Ensino Superior e nas suas aplicações em diversos campos da atividade humana.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao analisar os dados respondidos nos questionários e os relatos dos/as estudantes na primeira rodada de encontros de Grupos Focais, em seus primeiros resultados, entre outras questões, destacamos: (1) Possível ausência da Geometria Analítica no Ensino Médio; (2) Estranhamento causado pelas práticas da matemática do Ensino Superior; (3) Desempenho em Geometria Analítica; (4) Estratégias e práticas de estudo dos/as licenciandos/as. Acrescido a esses dados, trago um relato da (5) Minha experiência com a disciplina Geometria Analítica, ministrada no segundo semestre de 2021, no Curso de Licenciatura em Matemática da UNEB de Caetité-Ba, de forma remota em face à pandemia da covid 19.

4.1 Possível ausência da Geometria Analítica no Ensino Médio

Durante a primeira rodada de encontros dos GFs, a dinâmica proposta incentivou a produção de discussões *sobre* Geometria Analítica. A presença/ausência da

Geometria Analítica no Ensino Médio foi um tema recorrente e, com as falas dos/as estudantes, pudemos especular que a narrativa dessa possível ausência foi produzida a partir das vivências das práticas curriculares adotadas nas escolas e redes de ensino em que os/as participantes estudaram, pelos modos como sua memória (lembança e esquecimento, significação e atribuição de valor) convocou sua experiência escolar e pelas compreensões que elaboraram da matemática como corpo de conhecimento ao longo de sua trajetória na Educação Básica e no Ensino Superior.

A ausência da *Geometria Analítica* no Ensino Médio também foi denunciada pela maioria dos/as estudantes que respondeu ao questionário. Aproximadamente 70% dos/as estudantes afirmaram que os conteúdos de Geometria Analítica não foram trabalhados quando cursaram o Ensino Médio e 14,7% responderam que apenas alguns tópicos desse campo, que constavam no livro didático utilizado, foram contemplados. O fato de aproximadamente 85% dos/as estudantes de um Curso de Licenciatura em Matemática não terem visto, não se lembrarem de ter visto, ou terem visto muito superficialmente conceitos e procedimentos de Geometria Analítica durante o Ensino Médio desperta a nossa atenção como algo preocupante.

Essas respostas identificadas na tabulação dos questionários foram corroboradas pelos depoimentos dos participantes dos Grupos Focais, especialmente no primeiro encontro, quando discutimos sobre a experiência com a matemática escolar no Ensino Médio e eventuais opiniões sobre a *Geometria Analítica*. Nessa oportunidade, os depoimentos foram enfáticos na denúncia da ausência da *Geometria Analítica* no Ensino Médio, como se verifica em alguns excertos de falas dos/as participantes nessa primeira rodada de encontros dos grupos focais:

Geraldo: Não lembro, eu estou aprendendo o que é Geometria Analítica aqui agora, antes eu não sabia.

Larissa: Eu não lembro nada. Pode até ser que eu já tenha visto algo, mas, pra falar assim Geometria Analítica, eu estudei... não me lembro nada.

1º Encontro do Grupo Focal 1, com estudantes do 1º semestre.
1º de outubro de 2018 (segunda-feira, das 14 às 16h)

Esses depoimentos dos/as estudantes sobre a ausência da Geometria Analítica no Ensino Médio demandam um maior aprofundamento e discussões do papel da Matemática no Ensino Médio face às experiências existentes e à imposição de uma nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC), em que se reitera uma questionável *prevalência* das áreas de Matemática e Português, em detrimento das demais áreas do conhecimento. Afinal, entre os desafios atuais, as controvérsias e tensões sobre qual o Ensino Médio adequado para os/as jovens não é algo novo e continua na pauta das políticas públicas.

4.2 Estranhamento causado pelas práticas da matemática do Ensino Superior

Outro tema recorrente e, de certa forma, intencionalmente provocado pela dinâmica dos encontros dos GFs, foi o estranhamento em relação às práticas matemáticas com que os/as estudantes se depararam no Ensino Superior. Esse tema foi frequentemente referenciado nos comentários que os/as licenciandos/as fizeram às metodologias de ensino adotadas por seus/suas professores/as e, de uma maneira mais geral, aos rituais do Ensino Superior. A recorrência desse tema também se associa a modos de compreensão do fazer matemático como atividade humana e como prática social.

Mesmo sendo um grupo de estudantes que teve um bom desempenho em Matemática no Ensino Médio, entre os/as respondentes ao questionário, quando perguntados/as se, ao ingressar no curso de Licenciatura em Matemática, teriam sentido estranhamento/dificuldade com as novas disciplinas de Matemática, 87% afirmaram que sentiram algum tipo de dificuldade (32% responderam que tiveram muita dificuldade, 55% responderam que sentiram um pouco de dificuldade) e apenas 13% responderam que não enfrentaram problemas. Nesse contexto, 82,2% dos/as licenciandos afirmaram que têm algum nível de dificuldade para resolver questões de *Geometria Analítica*.

Entre outros fatores, o insucesso nas disciplinas de matemática pode estar contribuindo para o número elevado de evasão do curso. Segundo dados da Secretaria Acadêmica da Uneb *Campus VI*, em Caetité, entre 2010 a 2018, do total de estudantes que ingressou no curso de Licenciatura em Matemática, em média apenas 39% o concluíram. Possíveis relações entre o estranhamento com as práticas matemáticas com que estudantes se deparam no Ensino Superior e a desistência do curso são flagradas no comentário de estudantes do 3º e 5º semestres durante a primeira rodada de encontros dos Grupo Focais:

Luiz: *Realmente, foi um choque né, quando todo mundo recebeu a primeira prova de Analítica... porque entregou a prova em branco... teve gente que saiu da sala... esse tipo de coisa.*

Antônio: *Teve gente que saiu do curso por causa disso...*

Leandro: *Teve um colega nosso que desistiu da matéria na primeira prova de Analítica, antes de terminar a prova ele escreveu na prova: "eu vou desistir do curso".*

1º Encontro do Grupo Focal 2, com estudantes do 3º e 5º semestres.
1º de outubro de 2018 (segunda-feira, das 16 às 18h).

Moreira e David (2016), ao discutir um certo estranhamento a matemática ensinada na universidade, chamam atenção para o fato de que a supervalorização da

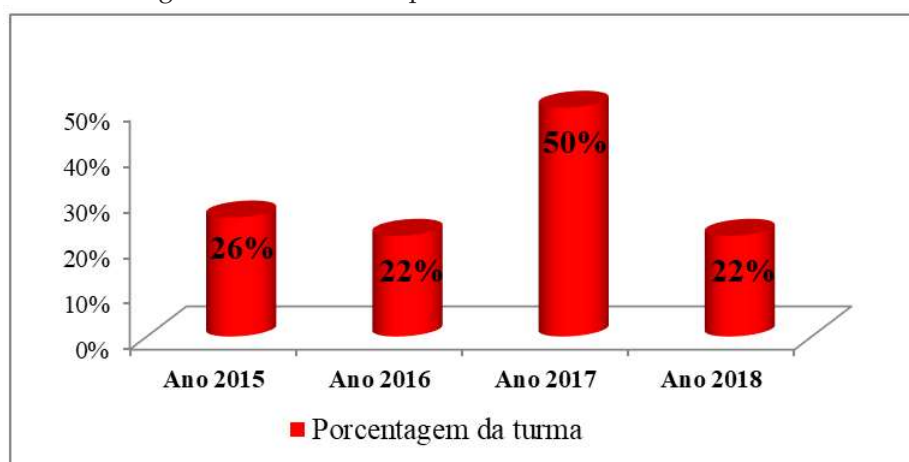
matemática acadêmica na formação do professor pode implicar dificuldades durante o curso e no futuro quando os/as licenciandos assumirem o exercício da docência. Para esses autores, existem diferentes formas e diversos sentidos de se articular a prática docente escolar durante o processo de formação na licenciatura, e isso pode ser decisivo nas práticas docentes, pois, quando conclui o curso, “o licenciado volta à escola na condição de professor, de posse de conhecimentos, crenças e concepções que constituem saberes e não-saberes novos em relação aos que possuía quando completou a escolarização básica” (MOREIRA; DAVID, 2016, p. 101).

4.3 Desempenho em Geometria Analítica

A identificação desse estranhamento (que, muitas vezes se desdobra ou se reconhece na dificuldade) com as práticas matemáticas do Ensino Superior parece refletir-se no percentual de estudantes que foram reprovados ou desistiram da disciplina *Geometria Analítica*, ao longo de seu curso de Licenciatura em Matemática da Uneb, Campus VI. Entre 2014 a 2018, em média, 58% dos/as estudantes foram reprovados na disciplina *Geometria Analítica I* e 30% em *Geometria Analítica II* em quatro anos distintos, com turmas dos turnos matutino e noturno e com diferentes professores ministrando a disciplina.

O fato de os/as estudantes cursarem a disciplina *Geometria Analítica I* no 2º semestre, período em que ainda estão fazendo uma certa transição do Ensino Médio para o Ensino Superior (NASSER et al, 2015; PALIS, 2010) e se adaptando às novas práticas matemáticas, acrescido à informação de que a maioria tenha declarado que não viu esse conteúdo no Ensino Médio, também precisa ser considerado na análise desse baixo desempenho em *Geometria Analítica* e do estranhamento com esses novos conteúdos ou abordagens da matemática contemplados no curso de Licenciatura em Matemática.

Em relação à *Geometria Analítica II* (ver Gráfico 1), que é oferecida no 3º semestre do curso de Matemática, período em que a maioria dos/as estudantes já passou pela experiência de ter cursado a *Geometria Analítica I* (mesmo que muitos não tenham logrado êxito) e adquiriu um pouco mais de maturidade em relação aos rituais, aos procedimentos e à cultura de um curso do Ensino Superior, o percentual de estudantes reprovados em média cai para 30% (quase metade do percentual da *Geometria Analítica I*). Mesmo que esse último percentual ainda seja significativo, a diferença entre os percentuais de reprovação nas disciplinas I e II sugere que, à medida que os/as estudantes vão acumulando a experiência com o curso universitário, eles/as vão se apropriando de práticas matemáticas do Ensino Superior e desenvolvendo estratégias para obter êxito nas avaliações.

Gráfico 1 - Porcentagem de estudantes reprovados em Geometria Analítica II, Uneb, Caetité

Fonte: Elaboração própria com base nos dados das cadernetas disponibilizadas pela Secretaria Acadêmica da Uneb, Campus VI.

A dificuldade e o alto percentual de reprovação na disciplina Geometria Analítica não é algo novo e já foi apontado por Instituições de Ensino Superior - IES e por pesquisadores que investigaram junto a alunos/as de graduação a relação com os conhecimentos da *Geometria Analítica* e o nível de domínio desse campo. Segundo Di Pinto (2000), em levantamento feito junto aos cursos de graduação da Unicamp, da USP e da PUC-São Paulo, em 1997, a disciplina *Geometria Analítica* estava entre as que mais reprovava (com mais de 35% de reprovação em média) nessas universidades. Já na Universidade Estadual Paulista (Unesp) - Campus Rio Claro, em 2004, a média de reprovação na disciplina *Geometria Analítica* foi de 39% segundo dados do professor da referida disciplina (RICHIT, 2005).

Apesar de as pesquisas citadas neste artigo constatarem que a *Geometria Analítica* é uma das disciplinas que mais reprova e chegarem a caracterizar a *Geometria Analítica* como uma “disciplina problema”, o problema pode não estar restrito à disciplina ou ao conteúdo de *Geometria Analítica*, mas, sim, afetar um conjunto de disciplinas específicas de matemática, inseridas nos currículos dos cursos superiores, em especial nos de licenciatura em matemática, que não logram estabelecer conexão com as práticas matemáticas da Educação Básica, seja porque supõem que os/as estudantes tenham estudado no Ensino Médio conteúdos que efetivamente não foram trabalhados, seja porque a abordagem que lhes é conferida no Ensino Superior é tão diferente do que a adotada na Educação Básica que os/as estudantes não conseguem (e não são ajudados ou incentivados a) estabelecer relações com o que viram anteriormente.

4.4 Estratégias e práticas de estudo dos/as licenciandos/as

Em relação às práticas de estudo, 84% dos/as estudantes declararam que estudam sozinhos/as e 15% estudam com colegas. Nesse contexto das práticas de estudo e estratégias adotadas para obter êxito nas demandas do curso, os/as estudantes informaram que os recursos didáticos que mais utilizam quando estão estudando fora da sala de aula são as listas de exercícios (52%) e as vídeo-aulas (44%), enquanto 16% se referiram aos livros e 8% aos apontamentos. Em resposta à pergunta sobre a que recorrem prioritariamente quando têm dúvida para responder uma questão de Matemática, 47% disseram que recorrem a colegas via *whatsapp* ou outros recursos de comunicação interativa à distância; 39% a *sites*; 21% disseram que recorrem a colegas de forma presencial; 15% a livros e 9% a professores/as ou monitores/as. Cabe ressaltar que, nessas duas últimas questões, alguns/mas estudantes assinalaram mais de uma alternativa.

Sobre a preferência dos/as estudantes em utilizar os novos recursos virtuais (*sites*, *whatsapp* e outros) que estão disponíveis para tirarem suas dúvidas, cabe aqui uma reflexão: qual o papel do/a professor/a formador/a de professores/as de matemática em uma licenciatura com o advento de aprendizagem de outra natureza que não via interação presencial ou síncrona? Entretanto, é preciso destacar também que os/as estudantes declararam manter práticas tradicionais e tipicamente escolares de estudo: mais da metade estuda por meio de lista de exercícios, certamente motivados/as pela orientação dos/as professores/as, que continuam utilizando esse recurso didático como principal instrumento de fixação de conceitos e procedimentos da matemática ensinada nos cursos universitários.

Entretanto, demanda uma reflexão o fato de 44% responderem que recorrem às vídeo-aulas, contra apenas 8% que afirmam utilizar, em seus estudos, apontamentos feitos em sala de aula. Considerando o caráter procedimental que, em geral, rege as vídeo-aulas, deve-se ponderar se essa preferência obscurece o papel de definições e aspectos conceituais da matemática que é ensinada, cedendo maior espaço ao pragmatismo da resolução de exercícios na busca de êxito nas avaliações.

Nessa análise, porém, devem-se agregar aos resultados dos questionários os depoimentos que foram dados nos encontros dos Grupos Focais. De um desses grupos, formado por estudantes do 3º e 5º semestres, destacamos as seguintes falas:

Maria: [...] se você não fizer, pelo menos, todas as questões do livro de Iezzi, você não sabe (risos)... ou você tem que se preparar muito pra você tá preparado pra uma prova de Analítica.

Antônio: [...] o professor explicou conteúdo e foi para o livro de Iezzi né, só que no início, sabe o que é pegar a questão 1, 2 e 3 e conferir que o que você fez tá errado? Bateu o desespero.

1º Encontro do Grupo Focal 2, com estudantes do 3º e 5º semestres.
1º de outubro de 2018 (segunda-feira, das 16 às 18h).

As falas fazem referências à resolução de exercícios como promotor e indicador de conhecimento e enfatizam as exigências para o acompanhamento com sucesso da disciplina de Geometria Analítica, no Curso Superior. Todavia, é preciso refletir que, com o advento da era digital, os ambientes de aprendizagem têm sido alterados substancialmente e precisamos estar atentos, pois as listas de exercícios xerografadas e os livros impressos têm sido ressignificados em “tempos virtuais” e podem não mais despertar o interesse dos/as estudantes nas práticas pedagógicas.

A expressiva utilização dos novos recursos tecnológicos e virtuais (vídeo-aulas, sites, whatsapp etc) por iniciativa dos estudantes para tirar dúvida e compreender determinados conteúdos tem levado pesquisadores/as e professores/as a propor a utilização desse instrumental como proposta mediadora da prática de ensino. Em sua pesquisa, Rocha (2019) propõe um modelo de aprendizagem para os/as alunos/as baseado no Ensino Híbrido - Sala de Aula Invertida, a partir de uma experiência com estudantes do curso de Licenciatura em Matemática da Uneb, na qual se utiliza o recurso das vídeo-aulas e o *software* Geogebra no ensino de *Geometria Analítica*, sem abrir mão do papel do professor como mediador do processo educativo. Outra experiência que investigou o ensino da Geometria Analítica em uma abordagem baseada em vídeos é a tese de Milani (2018) que, entre outros resultados, indica que os vídeos provocam efeitos positivos na aprendizagem de *Geometria Analítica*, evocam conhecimentos prévios e podem gerar ambientes com grande potencial estimulador para os/as estudantes.

4.5 Minha experiência com a disciplina Geometria Analítica

Para dialogar com os dados destacados nesta pesquisa, relato a minha recente experiência de, após quase 25 anos de docência, voltar a ministrar a disciplina Geometria Analítica para o Curso de Licenciatura em Matemática da UNEB de Caetité, no 2º semestre de 2021. Coincidentemente, a disciplina voltou a ter a ementa e carga horária de 90 horas nos moldes de décadas atrás, contemplando os conteúdos que estavam distribuídos nas disciplinas Geometria Analítica I e Geometria Analítica II (cada uma de 60 horas).

O desafio para mim foi trabalhar o grande volume de conteúdos em aulas síncronas na modalidade remota, haja visto que não tinha maiores experiências com esse tipo de ensino e estar, de algum modo, refletindo os dados da pesquisa em que apontava o perfil dos estudantes de anos anteriores e suas experiências e desafios com as disciplinas Geometria Analítica I e II cursadas presencialmente.

Quando ministrei a disciplina Geometria Analítica há 25 anos no Ensino Superior, trazia a influência dos professores da minha graduação, com métodos tradicionais, o famoso “cuspe e giz”, no qual se trabalhava a maioria dos conteúdos com apontamentos (teoremas, definições e propriedades) e resolução de listas de exercícios. O quadro negro (ou verde) era o principal recurso tecnológico que usava. Com o passar do tempo, novas tecnologias e acesso à informação foram sendo agregados ao conjunto da sociedade e, em particular, às práticas dos/as estudantes, que se apropriam desses recursos tecnológicos com muita facilidade e velocidade. Entretanto, por mais que nós, professores, nos esforcemos para uma maior diversidade metodológica com a realização de seminários, pesquisas, oficinas, exibição de vídeos etc, a sensação que tenho é de que boa parte de nós estávamos ainda na era analógica, enquanto os/as estudantes estavam/estão na era digital.

De certa forma, nos últimos dois anos (2020-2021), o trágico período de contaminação (e o exagerado número de óbitos) que estamos atravessando, provocado pela pandemia da covid-19¹, nos impôs o distanciamento social e trouxe para o nosso cotidiano os modos de interação remota. Estabelecida essa nova realidade, avaliamos que, por uma vertente, o corpo docente foi, de certa forma, obrigado a imergir no mundo digital, alterando as práticas pedagógicas de IES de natureza presencial; e por outra vertente, esse novo momento, também, escancarou as desigualdades de condições de acesso aos recursos tecnológicos, mesmo entre estudantes do Ensino Superior.

Durante o 2º semestre de 2021 em que ministrei a disciplina Geometria Analítica, realizamos os encontros síncronos que cobriram mais de 75% da carga horária da disciplina e as atividades assíncronas superaram bem mais que os 25% restante da carga horária. Dos 35 alunos/as matriculados/as, exceto aqueles/as que desistiram de cursar a disciplina, a frequência dos 25 alunos/as que cursaram até o final foi acima de 90%. Cumprimos quase 100% do nosso Plano de Curso (em relação aos conteúdos) e as atividades propostas foram realizadas com a participação de mais de 90% dos alunos frequentes. Em geral, as aulas síncronas contemplavam o roteiro e textos de alguns livros técnicos de Geometria Analítica, a discussão e resolução de

¹ A declaração de contaminação comunitária da Covid 19 no Brasil se deu em março de 2020 e, em fevereiro de 2022, número de óbitos já ultrapassam 630 mil pessoas e o nível de contaminação ainda estavam numa escala crescente por conta de novas variantes do vírus, da negligência do Governo Federal e posturas negacionistas de parte da população.

exercícios, inclusive a ilustração (e demonstração) de exercícios por meio da ferramenta do *Geogebra*.

As atividades desenvolvidas pelos alunos/as foram acordadas com base em um cronograma e barema que apontava o processo de avaliação. Entre as atividades realizadas pelos/as licenciandos/as, destacamos a elaboração de problemas voltados para o contexto de suas experiências, resolução de exercícios diversos, apresentação de pequenos seminários com tópicos dos conteúdos. Todas as atividades foram postadas em um mural virtual (*padlet*) para consulta e discussão aberta entre os estudantes. Essas atividades refletiam a necessidade de no futuro eles/as ministrarem parte daqueles conteúdos no Ensino Médio na condição de docente.

Apesar do cenário descrito ser aparentemente satisfatório e, embora concorde com Oliveira, (2017a) que “as tecnologias podem otimizar o trabalho de sala de aula e mobilizar a socialização de saberes e a construção de sentidos a processos de ensino e de aprendizagem, reforçando a rápida e eficiente transmissão de informações” (p. 7), não poderia deixar de externar o meu estranhamento a essa experiência de aulas remotas em relação as aulas presenciais. Se de um lado, a sala de aula presencial é um terreno fértil e dinâmico para as interações entre alunos/as e professor, que propicia tensionamentos, conflitos, empatia por meio de falas, gestos e olhares que favorecem uma relação dialógica nos processos pedagógicos; do outro lado, a minha experiência de aulas remotas com pouca interação dos estudantes nos encontros síncronos, nos quais eles/as faziam poucas perguntas (mesmo havendo dúvidas, pois alguns perguntavam em particular pelo *whatsapp*), todos/as com as câmeras fechadas e apenas eu com a câmera aberta argumentando para, em média, 25 alunos/as representados por fotos e nomes – em uma relação estática e monológica, era algo estranho e desafiador. Não perceber os olhares e os gestos dos/as licenciandos/as, sejam de aprovação ou reprovação, foi algo incômodo para mim, afinal, sou professor e não *youtuber*. Ficava me indagando constantemente: “eles/as estão entendendo?”; “eles/as estão prestando atenção?” etc.

Esse meu olhar de professor-pesquisador e a minha percepção (com certo estranhamento) da experiência de aulas remotas parece ter uma certa contradição, quando comparado com a opinião dos estudantes do ano de 2018, ao afirmarem que 44% deles preferiam estudar e tirar dúvida por meio de vídeo-aulas. Todavia, essa percepção deve ser relativizada, pois as vídeo-aulas, em geral, são de curta duração e focalizam um tópico do conteúdo específico de modo objetivo. Já as nossas aulas remotas eram mais longas e envolviam mais de um tópico de conteúdo e outras ati-

vidades. São os desafios, contradições e novos paradigmas que vão aparecendo no processo educacional em tempos de pandemia.

Os processos de avaliação, em geral, oferecem lacunas e falhas ao medir possíveis aprendizagens e atribuir uma nota para quantificar desempenho de um aluno/a. Assim, inferir sobre esses processos é algo delicado e relativo. Dessa turma de licenciandos/as (2021.2), doze desistiram e/ou foram reprovados por média, ou seja, 34% não obtiveram êxito com a disciplina Geometria Analítica. Mesmo sendo uma disciplina com formato diferente, com 90 horas para condensar os conteúdos da Geometria Analítica I e Geometria Analítica II, esse percentual de reprovados ficou próximo da média das turmas de anos anteriores de Geometria Analítica II, conforme dados da pesquisa, citados anteriormente no Gráfico 1. Observo que alguns/mas estudantes que desistiram, justificaram para mim, no privado, via *whatsapp*, que não conseguiam acompanhar a disciplina de forma remota e que iria deixar para cursá-la quando fosse oferecida de forma presencial. Um estudante declarou, ainda, que o seu celular era limitado e sempre tinha problema com a conexão e preferiu desistir para cursar a disciplina em um outro semestre presencialmente.

Outros aspectos que pude observar, de uma sondagem da primeira aula e que corroboram com os dados da pesquisa de anos anteriores, é que alguns/mas estudantes declararam ter visto pouco assunto de Geometria Analítica no Ensino Médio e que estavam tendo dificuldade ao cursar essa disciplina na licenciatura. Ou seja, a ausência da Geometria Analítica do Ensino Médio e um certo estranhamento às práticas matemáticas do Ensino Superior continuam recorrentes. Com efeito, compreender os modos de apropriação das práticas matemáticas dos/as licenciandos/as e as suas estratégias de estudo em tempos de pandemia (com aula remota) são temas que devem continuar sendo investigados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem de alguns temas neste artigo pretende provocar a discussão com outros interlocutores que compreendem a complexidade e a dinâmica dos processos educacionais para os quais devemos estar vigilantes. A opção em buscar compreender os modos de apropriação de práticas de numeramento escolares dos/as licenciandos/as e o seu protagonismo na pesquisa em tela nos faz refletir e olhar para o fazer matemático dos/as estudantes com uma nova lente, pois, eles/as têm modos próprios de lidar com a matemática e desenvolvem estratégias para enfrentar os processos de ensino e aprendizagem aos quais são desafiados/as e, nós, como professores formadores temos a responsabilidade de participar.

Este pequeno relato de experiência acrescido a alguns dados da pesquisa nos faz refletir que os estudantes têm modos específicos de apropriação das diferentes práticas matemáticas e que têm, ainda, um modo próprio de organizar o conhecimento e mobilizá-lo em atendimento a diferentes demandas, que nem sempre os professores do Ensino Superior estão atentos.

Além de conhecer um pouco mais os licenciados/as protagonizando suas estratégias de estudo e “sobrevivência”, buscando lograr êxito no curso, lembramos que o ambiente da sala de aula (presencial ou remota) constitui um terreno fértil e complexo (com tensionamentos) em que a construção de relações dialógicas e a incompletude do conhecimento (FREIRE, 2011) nos remete a continuar fazendo perguntas.

Além das perguntas apontadas anteriormente por Moreira e Ferreira (2013), a exemplo, de qual o lugar da matemática na Licenciatura? Acrescentamos: O lugar da matemática na nova BNCC converge com o lugar da matemática na licenciatura? Qual o lugar da Geometria Analítica no Ensino Médio, em face a sua ausência e fragmentação? Quais os fundamentos da Geometria Analítica são essenciais para um curso de Licenciatura em Matemática? Quais os conceitos de Geometria Analítica que os/as estudantes devem se apropriar para ampliar o seu conhecimento matemático e favorecer uma maior compreensão da ciência?

Essas indagações (e tantas outras que o leitor pode fazer) são reflexões provocadas pelos achados da pesquisa e da minha experiência de professor que compartilho com outros estudiosos acerca da problemática que envolve os cursos de Licenciatura em Matemática e a discussão sobre o ensino e a aprendizagem nesses cursos com desdobramentos da Educação Básica, cuja precarização como um todo, entre outros aspectos, reflete na falta de estrutura das escolas e não valorização dos professores que nela atua.

São antigos e novos problemas que são acentuados pelas cruéis desigualdades sociais, demandando novos paradigmas e novas práticas nos processos educacionais em geral e, em particular, na insistente e continua formação de professores de matemática que possibilite novas perspectivas.

REFERÊNCIAS

DI PINTO, Marco Antônio. **Ensino e Aprendizagem da Geometria Analítica: As pesquisas Brasileiras da década de 90**. 2000. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

FELICIO DE JESUS, Gildelson. **“Tem outro jeito de fazer, moço!”**: apropriação de práticas de numeramento escolares por estudantes de Licenciatura em Matemática da Uneb – Caetité. 2021. 414 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

FONSECA, Maria da Conceição Ferreira Reis. Práticas de Numeramento na EJA. In: JUNIOR, R. C. (Org.). **Formação e Práticas na Educação de Jovens e Adultos**. São Paulo: Ação Educativa, 2017, p. 105-115.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

GATTI, Bernardete Angelina. Formação de Professores no Brasil: características e problemas. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 31, n. 113, p. 1355-1379, out-dez. 2010.

GATTI, Bernardete Angelina. **Grupo focal na pesquisa em Ciências sociais e humanas**. Brasília: Líber Livro, 2012.

KITZINGER, Jenny. The methodology of Focus Groups: the importance of interaction between research participants. **Sociology of Health & Illness**, v. 16, n.1, 1994.

MILANI, Maísa Lucia Cacita. **Investigação acerca do ensino de geometria analítica numa abordagem baseada em vídeos**. 2018. 127 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Maringá. Maringá, PR, 2018.

MOREIRA, Plínio Cavalcanti; DAVID, Maria Manuela Martins Soares. **A Formação Matemática do Professor**: licenciatura e prática docente escolar. 2.ed. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2016.

MOREIRA, Plínio Cavalcanti; FERREIRA, Ana Cristina. O Lugar da Matemática na Licenciatura em Matemática. **Bolema**, Rio Claro, v. 27, n. 47, p. 981 - 1005, dez. 2013.

NASSER, Lilian; VAZ, Felipe Novoa; TORRACA, Marcelo André Abrantes. Transição do Ensino Médio para o Superior: Investigando Dificuldades em Geometria Analítica. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 6., 2015, Goiás. **Anais...** Goiás, 2015, p. 1- 13.

OLIVEIRA, Carloney Alves de. **Práticas de multiletramentos e tecnologias digitais no ensino de matemática**. Simpósio Internacional de Educação e Comunicação -SI-MEDUC, Aracajú, 2017a.

PALIS, Gilda de La Rocque. A transição do Ensino Médio para o Ensino Superior. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 10, 2010. Salvador **Anais...** Salvador, 2010.

RICHIT, Adriana. **Projetos em Geometria Analítica usando software de Geometria Dinâmica**: repensando a formação inicial docente em matemática. 2005. 215 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Rio Claro. São Paulo, 2005.

ROCHA, Júlio Max Xavier da. **Tópicos de geometria analítica plana com o software geogebra sob o modelo de sala de aula invertida**. 2019. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Vitória da Conquista, BA, 2019.

SMOLKA, Ana Luiza Bustamante. O (im)próprio e o (im)pertinente na apropriação das práticas sociais. **Cadernos Cedes**, v



CAPÍTULO 8

MÉTODO PARA CALCULAR RAIZ 2^n -ÉSIMA DE UM NÚMERO COMPLEXO E UMA PEQUENA EXTENSÃO PARA OS QUATÉRNIOS E OCTÔNIOS

METHOD FOR CALCULATING ROOT 2^n -TH OF A COMPLEX NUMBER AND A SMALL EXTENSION FOR QUATERNION AND OCTONION

Marlon José da Silva Mota¹

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.8

¹ Email: marlon_nakandakari@hotmail.com, Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9403254207470791>

RESUMO

Este artigo procura desenvolver um método algébrico para calcular a raiz 2^n -ésima de um número complexo, tomando como ponto de partida a resolução de um sistema matematicamente elaborado com base na evidência de que a raiz de um número complexo é outro número complexo, e de onde resultará uma fórmula geral que ofereça as procuradas raízes quadradas. Tal processo, de maneira similar, já fora antes realizado por Saito, Nós e Santos em artigo mais adiante referenciado. Todavia, o procedimento aqui proposto, diferentemente deste último, testou a possibilidade de obter uma fórmula geral mais abrangente, que não apenas calculasse raízes quadradas, mas que fornecesse os valores para quaisquer raízes 2^n de qualquer número complexo, quaternião ou octônio. Com essa finalidade, aplicaram-se sucessivamente radiciações quadráticas: primeiro, na equação resultante do cálculo da raiz quadrada a fim de encontrar a quarta, depois, nesta para encontrar a oitava, e assim por diante, até, daí, deduzir uma fórmula geral.

Palavras-chave: Raízes. 2^n -ésima. Complexos. Quaternião. Octonion

ABSTRACT

This article seeks to develop an algebraic method to calculate the 2^n -th root of a complex number, taking as a starting point the resolution of a mathematically elaborate system based on the evidence that the root of a complex number is another complex number, and from which a general formula that offers sought-after square roots will result. This process, in a similar way, had already been carried out by Saito, Nós e Santos in an article later referenced. However, the procedure proposed here, unlike the latter, tested the possibility of obtaining a more comprehensive general formula, which not only calculated square roots, but provides the values for any 2^n roots of any complex number, quaternion or octonion. To this end, quadratic radiations were applied successively: first, in the equation resulting from the calculation of the square root in order to find the fourth, then, in this to find the octave, and so on, until, from there, deduce a general formula.

Keywords: Roots. 2^n -th. Complex. Quaternion. Octonion.

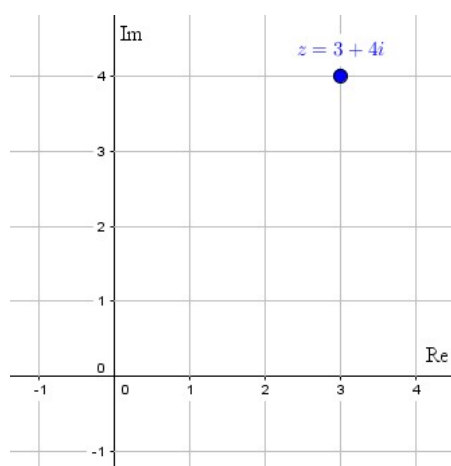
1 INTRODUÇÃO

Os números complexos surgiram por volta do século XV devido à necessidade de se obter resolução para as raízes quadradas de números reais negativos. Contudo, outra dificuldade impôs-se: a de calcular algebricamente as próprias raízes

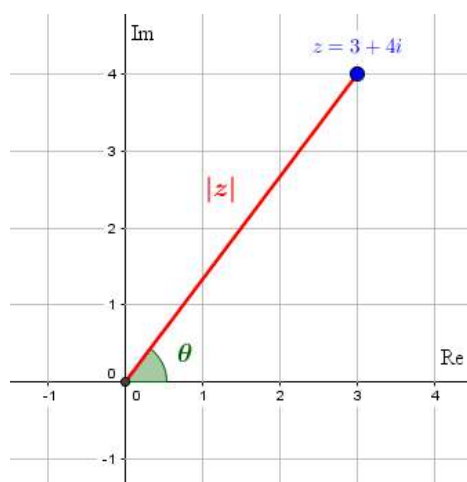
daqueles. Como obter $\sqrt{3+4i}$ de maneira tão imediata quanto $\sqrt{4}$ ou de forma relativamente simples como $\sqrt{2}$?

Moivre e Euler contribuíram com fórmulas que as fornecessem, mas que, por outro lado, no caso do primeiro, dependiam de valores de seno e cosseno - muitas vezes, aproximados - ou, no caso do segundo, tornavam praticamente impossível chegar manualmente a um resultado algébrico. Vejamos brevemente seus trabalhos.

Sabemos que um número complexo como o do exemplo dado pode ser plotado no plano Argand-Gauss, no qual o eixo das abscissas corresponderá a sua parte real, e o eixo das ordenadas, a sua imaginária.



Do plano, temos que a intersecção das coordenadas é um ponto onde se localiza o número complexo, que chamaremos de z . A distância dele à origem é chamada módulo ($|z|$), e o ângulo entre este e o eixo real chama-se argumento (θ).



Moivre formulou a raiz de um número complexo como

$$\sqrt[n]{z} = z_k = \sqrt[n]{|z|} \left[\cos\left(\frac{\theta + 2k\pi}{n}\right) + i \sin\left(\frac{\theta + 2k\pi}{n}\right) \right]$$

Já Euler estabeleceu que

$$\sqrt[n]{z} = z_k = \sqrt[n]{|z|} e^{\left(\frac{\theta + 2k\pi}{n}\right)i}$$

em que z_1 é a primeira raiz, z_2 a segunda, e assim por diante, até z_n .

Para $\sqrt{3+4i}$, teríamos, então:

$$|z| = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$$

$$\cos(\theta) = \frac{3}{5}$$

$$\sin(\theta) = \frac{4}{5}$$

Com a ajuda de uma calculadora, temos que θ é aproximadamente $\frac{53\pi}{180}$, logo:

$$\sqrt{3+4i} = \sqrt{5} \left[\cos\left(\frac{53\pi}{180}\right) + i \sin\left(\frac{53\pi}{180}\right) \right] \approx \sqrt{5}[0.89 + 0.45i] \approx 1.99 + 1.01i$$

Ou:

(Euler)

$$\sqrt{3+4i} = \sqrt{5} e^{\left(\frac{53\pi}{180}\right)i}$$

Conforme demonstramos, a obtenção da raiz de um número complexo na forma algébrica, precisamente, através dessas propostas, apresenta as limitações anteriormente citadas. Saito, Nós e Santos, no seu artigo *Radicaís duplos e a raiz quadrada de um número complexo*, já contornaram esse problema, para as raízes quadradas, valendo-se da transformação de radicaís duplos em soma ou diferença de radicaís simples. O intuito deste trabalho é, igualmente, oferecer uma solução para os entraves expostos - por meios, todavia, distintos daqueles utilizados pelos mencionados autores, mas que alcançam os mesmos resultados - e chegar, além disso, a uma equação generalizante, aplicável para qualquer raiz 2^n -ésima.

2 DESENVOLVIMENTO DA FÓRMULA GERAL

2.1 Raiz Quadrada

O resultado da raiz quadrada de um número complexo é outro número complexo. Podemos, pois, descrever essa sentença na forma

$$\sqrt{a + bi} = x + yi$$

Para simplificar os cálculos, sem perda de generalidade, podemos, ainda, escrevê-la como:

$$\sqrt{a + bi} = \sqrt{x} + \sqrt{yi} \quad (1)$$

Elevando ambos os membros ao quadrado

$$a + bi = x - y + 2\sqrt{xy}i$$

Um número complexo é igual a outro, se suas partes reais são idênticas, bem como as suas imaginárias. Portanto:

$$\begin{cases} a = x - y \\ b = 2\sqrt{xy} \end{cases}$$

Resolvendo o sistema, temos uma equação de segundo grau:

$$x^2 - ax - \frac{b^2}{4} = 0$$

Sua solução é:

$$x = \frac{a \pm \sqrt{a^2 + b^2}}{2}$$

Vamos tomar somente o resultado positivo, para que não haja valor negativo dentro da raiz. Substituindo o x na primeira equação do sistema:

$$y = \frac{a + \sqrt{a^2 + b^2}}{2} - a$$

$$y = \frac{-a + \sqrt{a^2 + b^2}}{2}$$

Substituindo na equação (1)

$$\sqrt{a + bi} = \sqrt{\frac{a + \sqrt{a^2 + b^2}}{2}} + \sqrt{\frac{-a + \sqrt{a^2 + b^2}}{2}}i$$

Como vimos, $\sqrt{a^2 + b^2}$ é igual ao módulo do número complexo. Sendo assim, e fazendo a radiciação:

$$\sqrt{a + bi} = \frac{\sqrt{2a + 2|z|}}{2} + \frac{\sqrt{-2a + 2|z|}}{2}i$$

Com isto, chegamos ao mesmo resultado presente no supracitado artigo (Saito, Nós & Santos; 2017).

2.2 Raiz Quarta

Agora que obtivemos a equação de cálculo da raiz quadrada, é possível encontrar aquela da quarta, radicando ambos seus membros:

$$\sqrt{\sqrt{a+bi}} = \sqrt{\frac{\sqrt{2a+2|z|}}{2} + \frac{\sqrt{-2a+2|z|}}{2}i}$$

Já que o segundo corresponde à raiz quadrada de um número complexo, nele aplicamos, por conseguinte, a fórmula que havíamos deduzido.

O novo módulo é dado, então, por:

$$|z'| = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2a+2|z|}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{-2a+2|z|}}{2}\right)^2}$$

$$|z'| = \sqrt{\frac{2a+2|z|}{4} + \frac{-2a+2|z|}{4}} = \sqrt{\frac{4|z|}{4}}$$

$$|z'| = \sqrt{|z|}$$

Aplicando a fórmula:

$$\sqrt[4]{a+bi} = \frac{\sqrt{2\left(\frac{\sqrt{2a+2|z|}}{2}\right) + 2\sqrt{|z|}}}{2} + \frac{\sqrt{-2\left(\frac{\sqrt{2a+2|z|}}{2}\right) + 2\sqrt{|z|}}}{2}i$$

Obtemos:

$$\sqrt[4]{a+bi} = \frac{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|} + 2\sqrt{|z|}}}{2} + \frac{\sqrt{-\sqrt{2a+2|z|} + 2\sqrt{|z|}}}{2}i$$

2.3 Raiz Oitava

Como o realizado para encontrar a raiz quarta, a oitava é dada pela nova aplicação de raiz quadrada em todos os membros da equação.

$$\sqrt[4]{a+bi} = \sqrt{\frac{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|}+2\sqrt{|z|}}}{2} + \frac{\sqrt{-\sqrt{2a+2|z|}+2\sqrt{|z|}}}{2}i}$$

Calculando $|z|''$

$$|z|'' = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|}+2\sqrt{|z|}}}{2}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{-\sqrt{2a+2|z|}+2\sqrt{|z|}}}{2}\right)^2}$$

$$|z|'' = \sqrt{\frac{\sqrt{2a+2|z|}+2\sqrt{|z|}}{4} + \frac{-\sqrt{2a+2|z|}+2\sqrt{|z|}}{4}}$$

$$|z|'' = \sqrt{\frac{4\sqrt{|z|}}{4}} = \sqrt{\sqrt{|z|}} = \sqrt[4]{|z|}$$

Usando a fórmula:

$$\sqrt[8]{a+bi} = \frac{\sqrt{2\left(\frac{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|}+2\sqrt{|z|}}}{2}\right) + 2\sqrt[4]{|z|}}}{2} + \frac{\sqrt{-2\left(\frac{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|}+2\sqrt{|z|}}}{2}\right) + 2\sqrt[4]{|z|}}}{2}i$$

$$\sqrt[8]{a+bi} = \frac{\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|}+2\sqrt{|z|}}+2\sqrt[4]{|z|}}}{2} + \frac{\sqrt{-\sqrt{\sqrt{2a+2|z|}+2\sqrt{|z|}}+2\sqrt[4]{|z|}}}{2}i$$

Efetuando essas operações sucessivamente, descobrimos as seguintes raízes, décima sexta, trigésima segunda, ..., 2^n , de cujas igualdades extraí-se um padrão.

2.4 Fórmula Geral

Dadas as seguintes igualdades das raízes 2^n :

Quadrada:

$$\sqrt{a+bi} = \frac{\sqrt{2a+2|z|}}{2} + \frac{\sqrt{-2a+2|z|}}{2}i$$

Quarta:

$$\sqrt[4]{a+bi} = \frac{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|} + 2\sqrt{|z|}}}{2} + \frac{\sqrt{-\sqrt{2a+2|z|} + 2\sqrt{|z|}}}{2}i$$

Oitava:

$$\sqrt[8]{a+bi} = \frac{\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|} + 2\sqrt{|z|}} + 2\sqrt[4]{|z|}}}{2} + \frac{\sqrt{-\sqrt{\sqrt{2a+2|z|} + 2\sqrt{|z|}} + 2\sqrt[4]{|z|}}}{2}i$$

Décima Sexta:

$$\sqrt[16]{a+bi} = \frac{\sqrt{\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|} + 2\sqrt{|z|}} + 2\sqrt[4]{|z|}} + 2\sqrt[8]{|z|}}}{2} + \frac{\sqrt{-\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|} + 2\sqrt{|z|}} + 2\sqrt[4]{|z|}} + 2\sqrt[8]{|z|}}}{2}i$$

É permitido supor que a fórmula geral é:

$$\sqrt[2^n]{a+bi} = \frac{\sqrt{\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|} + 2\sqrt{|z|}} + \dots + 2\sqrt[2^{n-1}]{|z|}}}}{2} + \frac{\sqrt{-\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|} + 2\sqrt{|z|}} + \dots + 2\sqrt[2^{n-1}]{|z|}}}}{2}i$$

3 PROVA POR INDUÇÃO DA FÓRMULA GERAL

Fórmula geral:

$$\sqrt[2^n]{a+bi} = \frac{\sqrt{\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|} + 2\sqrt{|z|}} + \dots + 2\sqrt[2^{n-1}]{|z|}}}}{2} + \frac{\sqrt{-\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|} + 2\sqrt{|z|}} + \dots + 2\sqrt[2^{n-1}]{|z|}}}}{2}i$$

Prova para $n = 1$:

$$\sqrt{a+bi} = \frac{\sqrt{2a+2|z|}}{2} + \frac{\sqrt{-2a+2|z|}}{2}i$$

Substituindo $i = \sqrt{-1}$ e multiplicando:

$$\sqrt{a+bi} = \frac{\sqrt{2a+2|z|}}{2} + \frac{\sqrt{2a-2|z|}}{2}$$

Usando a transformação de soma de radicais simples em um radical duplo:

$$\sqrt{a+bi} = \frac{\sqrt{2a+2|z|+2a-2|z|+2\sqrt{(2a+2|z|)(2a-2|z|)}}}{2}$$

Soma e distributiva:

$$\sqrt{a+bi} = \frac{\sqrt{4a+2\sqrt{4a^2-4|z|^2}}}{2}$$

Como $|z|$ é $\sqrt{a^2+b^2}$, então:

$$\sqrt{a+bi} = \frac{\sqrt{4\left(a+\sqrt{a^2-(\sqrt{a^2+b^2})^2}\right)}}{2}$$

Simplificando:

$$\sqrt{a+bi} = \sqrt{a+\sqrt{a^2-(a^2+b^2)}}$$

Distribuindo o sinal e executando a soma:

$$\begin{aligned}\sqrt{a+bi} &= \sqrt{a+\sqrt{-b^2}} = \sqrt{a+\sqrt{-1}\sqrt{b^2}} \\ \sqrt{a+bi} &= \sqrt{a+bi}\end{aligned}$$

Portanto, provado para $n = 1$.

Agora, supomos $n = k$ (Hipótese Indutiva).

$${}^{2^k}\sqrt{a+bi} = \frac{\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|+2\sqrt{|z|}+\dots+2\cdot{}^{2^{k-1}}\sqrt{|z|}}}}}{2} + \frac{\sqrt{-\sqrt{\sqrt{2a+2|z|+2\sqrt{|z|}+\dots+2\cdot{}^{2^{k-1}}\sqrt{|z|}}}}}{2}i$$

E tentamos provar que a equação é válida para $n = k + 1$

$${}^{2^{k+1}}\sqrt{a+bi} = \frac{\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|+\dots+2\cdot{}^{2^{k-1}}\sqrt{|z|}+2\cdot{}^{2^k}\sqrt{|z|}}}}}{2} + \frac{\sqrt{-\sqrt{\sqrt{2a+2|z|+\dots+2\cdot{}^{2^{k-1}}\sqrt{|z|}+2\cdot{}^{2^k}\sqrt{|z|}}}}}{2}i$$

Substituindo $i = \sqrt{-1}$ e multiplicando:

$${}^{2^{k+1}}\sqrt{a+bi} = \frac{\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|+\dots+2\cdot{}^{2^{k-1}}\sqrt{|z|}+2\cdot{}^{2^k}\sqrt{|z|}}}}}{2} + \frac{\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|+\dots+2\cdot{}^{2^{k-1}}\sqrt{|z|}-2\cdot{}^{2^k}\sqrt{|z|}}}}}{2}$$

Transformando a soma de radicais simples em um radical duplo:

$${}^{2^{k+1}}\sqrt{a+bi} = \sqrt{\frac{2\sqrt{\sqrt{2a+2|z|}+\dots+2\cdot{}^{2^{k-1}}\sqrt{|z|}}}{4} + \frac{2\sqrt{\sqrt{2a+2|z|}+\dots+2\cdot{}^{2^{k-1}}\sqrt{|z|}}-4\cdot{}^{2^k}\sqrt{|z|^2}}{4}}$$

Observação: ${}^{2^k}\sqrt{|z|^2} = (|z|^2)^{\frac{1}{2^k}} = |z|^{\frac{2}{2^k}} = |z|^{\frac{1}{2^{k-1}}} = |z|^{\frac{1}{2^{k-1}}} = {}^{2^{k-1}}\sqrt{|z|}$

Simplificando e usando a operação da observação:

$${}^{2^{k+1}}\sqrt{a+bi} = \sqrt{\frac{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|}+\dots+2\cdot{}^{2^{k-1}}\sqrt{|z|}}}{2} + \frac{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|}+\dots+2\cdot{}^{2^{k-1}}\sqrt{|z|}}-4\cdot{}^{2^{k-1}}\sqrt{|z|}}{2}}$$

Tirando i da raiz:

$${}^{2^{k+1}}\sqrt{a+bi} = \sqrt{\frac{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|}+\dots+2\cdot{}^{2^{k-1}}\sqrt{|z|}}}{2} + \frac{\sqrt{-\sqrt{2a+2|z|}+\dots+2\cdot{}^{2^{k-1}}\sqrt{|z|}}}{2}} i$$

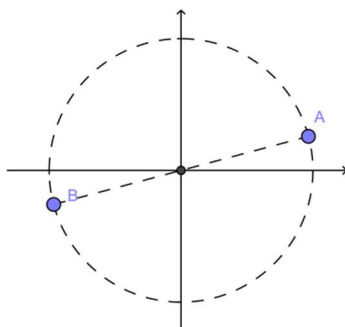
E por fim, usando a Hipótese Indutiva.

$${}^{2^{k+1}}\sqrt{a+bi} = \sqrt{{}^{2^k}\sqrt{a+bi}} = \left((a+bi)^{\frac{1}{2^k}}\right)^{\frac{1}{2}} = (a+bi)^{\frac{1}{2^k \cdot 2}} = (a+bi)^{\frac{1}{2^{k+1}}}$$

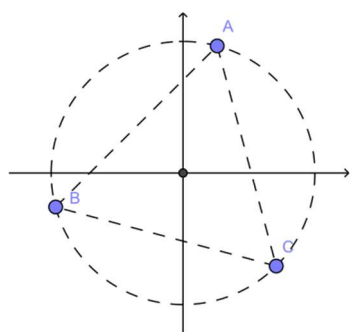
$${}^{2^{k+1}}\sqrt{a+bi} = {}^{2^{k+1}}\sqrt{a+bi}$$

4 FÓRMULA GERAL PARA TODAS AS RAÍZES

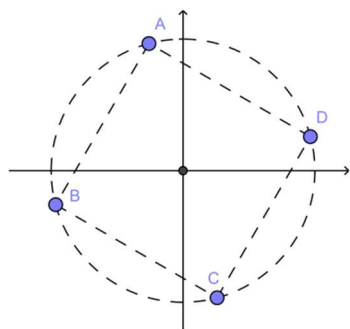
Todas as raízes dos números complexos, distribuídas no plano Argand-Gauss, são os vértices de um polígono regular (com exceção das quadradas, que constituem um segmento de reta). Nesse sentido, podemos também, de maneira inversa, encontrar os n vértices, distribuídos equidistantemente no plano, a fim de obter as n raízes.



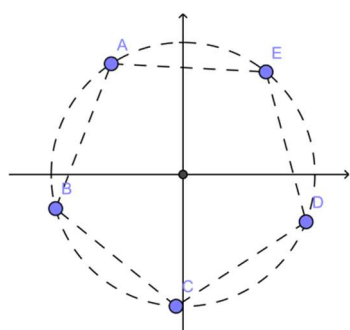
A e B raízes de $\sqrt{a+bi}$



A, B e C são raízes de $\sqrt[3]{a + bi}$

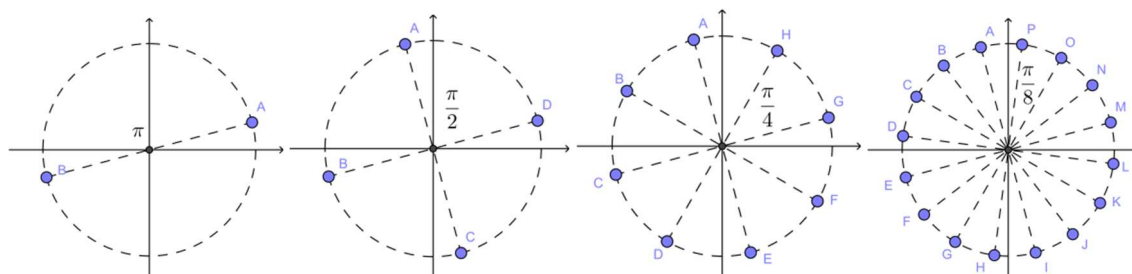


A, B, C e D são raízes de $\sqrt[4]{a + bi}$



A, B, C, D e E são raízes de $\sqrt[5]{a + bi}$

Assim por diante, sempre se formarão polígonos regulares com os vértices nas raízes. No nosso caso, em que queremos descobrir as raízes de $\sqrt[n]{a + bi}$, é razoável admitir a segmentação circular dada por $\frac{2\pi}{2^n}$ (ou $\frac{\pi}{2^{n-1}}$). Os exemplos abaixo demonstram a divisão da circunferência para $n = 1$, $n = 2$, $n = 3$ e $n = 4$:



Esse método fornece os pontos onde estão localizadas as raízes, sem, contudo, por vezes, o fazer, com precisão, com os seus valores. Se quisermos descobri-los, podemos, no plano, rotacionar uma raiz já conhecida num arco de circunferência equivalente à segmentação já discutida. Para isso, temos que multiplicá-la pelo resul-

tado de $\cos \beta + i \cdot \operatorname{sen} \beta$, onde β é o ângulo formado pelo deslocamento. O produto nos dará um novo conjunto de coordenadas que se distancia da origem com mesmo módulo do ponto anterior. Entretanto, uma vez que o intuito é não recorrer a senos e cossenos, mas, sim, imediatamente, trabalhar com números algébricos, manipulamos essa equação a fim de transformá-la num fator de multiplicação que depende apenas do grau da raiz desejada. Visto que a raiz quadrada divide a circunferência pela metade π é o ângulo mínimo possível para β . Definimos, então, que este fica àquele sujeito. Além disso, em virtude da segmentação circular dar-se na proporção 2^{n-1} , em que n é o grau do índice da raiz em cálculo (conceber raiz quadrada como $\sqrt[2]{z}$, a quarta, como $\sqrt[4]{z}$, etc.), há, ainda, de se dividi-lo - β - por essa razão. Logo, temos a seguinte expressão:

$$\cos\left(\frac{\pi}{2^{n-1}}\right) + i \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{2^{n-1}}\right)$$

No caso da raiz quadrada, o primeiro, o resultado dessa operação é -1 .

$$\cos\left(\frac{\pi}{2^{1-1}}\right) + i \cdot \operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{2^{1-1}}\right)$$

$$\cos(\pi) + i \cdot \operatorname{sen}(\pi) = -1 + 0i$$

Sabendo que, a cada aumento do índice da raiz que se pretende calcular (em quarta, oitava, décima sexta, etc.), será tirada a raiz quadrada desse número, o fator de multiplicação pode, pois, ser escrito, na forma genérica como

$$\sqrt[2^{n-1}]{-1} / x \in \mathbb{N}^*$$

Porquanto estamos em busca de uma fórmula geral que forneça as k raízes de um número complexo, partiremos de uma inspeção das três primeiras equações para aquelas três primeiras (com exceção da raiz já conhecida), pretendendo, daí extrair a generalização. Para a segunda raiz, multiplica-se a primeira pelo fator que acabamos de deduzir:

$$\sqrt[2^n]{a+bi} = \left(\frac{\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a+2|z|}+2\sqrt{|z|}+\dots+2\cdot\sqrt[2^{n-1}]{|z|}}}}{2} + \frac{\sqrt{-\sqrt{\sqrt{2a+2|z|}+2\sqrt{|z|}+\dots+2\cdot\sqrt[2^{n-1}]{|z|}}}}{2} i \right) \cdot \sqrt[2^{n-1}]{-1}$$

Observação: por uma questão espacial, vamos denotar a primeira raiz

$$\frac{\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a + 2|z|} + 2\sqrt{|z|} + \dots + 2 \cdot {}^{2^{n-1}}\sqrt{|z|}}}}{2} + \frac{\sqrt{-\sqrt{\sqrt{2a + 2|z|} + 2\sqrt{|z|} + \dots + 2 \cdot {}^{2^{n-1}}\sqrt{|z|}}}}{2} i = Z_1$$

Para a terceira raiz, multiplica-se a primeira duas vezes:

$${}^{2^n}\sqrt{a + bi} = \left((Z_1) \cdot {}^{2^{n-1}}\sqrt{-1} \right) \cdot {}^{2^{n-1}}\sqrt{-1}$$

E para a quarta, três vezes:

$${}^{2^n}\sqrt{a + bi} = \left(\left((Z_1) \cdot {}^{2^{n-1}}\sqrt{-1} \right) \cdot {}^{2^{n-1}}\sqrt{-1} \right) \cdot {}^{2^{n-1}}\sqrt{-1}$$

Para a k-ésima raiz, por fim, podemos usar a propriedade associativa, evidenciando ${}^{2^{n-1}}\sqrt{-1}$

$${}^{2^n}\sqrt{a + bi} = (Z_1) \cdot \left({}^{2^{n-1}}\sqrt{-1} \right)^{k-1}$$

\therefore

$${}^{2^n}\sqrt{a \pm bi} =$$

$$\left(\frac{\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a + 2|z|} + 2\sqrt{|z|} + \dots + 2 \cdot {}^{2^{n-1}}\sqrt{|z|}}}}{2} \pm \frac{\sqrt{-\sqrt{\sqrt{2a + 2|z|} + 2\sqrt{|z|} + \dots + 2 \cdot {}^{2^{n-1}}\sqrt{|z|}}}}{2} i \right) \left({}^{2^{n-1}}\sqrt{-1} \right)^{k-1}$$

5 CAMINHANDO PARA ALÉM DOS COMPLEXOS

Como vimos, podemos encontrar a 2^n -ésima de qualquer número complexo com a fórmula:

$${}^{2^n}\sqrt{a \pm bi} = \frac{\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a + 2|C|} + 2\sqrt{|C|} + \dots + 2 \cdot {}^{2^{n-1}}\sqrt{|C|}}}}{2} \pm \frac{\sqrt{-\sqrt{\sqrt{2a + 2|C|} + 2\sqrt{|C|} + \dots + 2 \cdot {}^{2^{n-1}}\sqrt{|C|}}}}{2} i$$

O que não vimos ainda, é sua irmã. Ao invés de isolar o y na primeira equação, $(a = x - y)$, nós isolamos na segunda, $(b = 2\sqrt{xy})$. Após descobrir que $x = \frac{2a + 2|C|}{2}$ e que $y = \frac{b^2}{4x}$, podemos, então, realizar a substituição na equação:

$$\sqrt{a + bi} = \sqrt{x} + \sqrt{y}i$$

Que fica:

$$\sqrt{a + bi} = \frac{\sqrt{2a + 2|\mathbb{C}|}}{2} + \frac{b}{2\sqrt{x}}i$$

Substituindo x na parte imaginária, temos:

$$\sqrt{a + bi} = \frac{\sqrt{2a + 2|\mathbb{C}|}}{2} + \frac{b}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{C}|}}i$$

Apesar de ser esteticamente inferior à sua irmã, ela pode ser melhor, em relação a esta, ela pode ser de maior utilidade, já que a parte imaginária depende de b .

5.1 Raiz 2^n dos Complexos

Em seguida, realizamos exatamente os mesmos processos aplicados a sua irmã para desenvolver a raiz quarta, tirando a raiz dos dois lados.

$$\sqrt{\sqrt{a + bi}} = \sqrt{\frac{\sqrt{2a + 2|\mathbb{C}|}}{2} + \frac{b}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{C}|}}i}$$

$$a' = \frac{\sqrt{2a + 2|\mathbb{C}|}}{2}; b' = \frac{b}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{C}|}}; |\mathbb{C}'| = \sqrt{|\mathbb{C}|}$$

Aplicando a fórmula da raiz quadrada e substituindo:

$$\sqrt[4]{a + bi} = \frac{\sqrt{\sqrt{2a + 2|\mathbb{C}|} + 2\sqrt{|\mathbb{C}|}}}{2} + \frac{b}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{C}|} \cdot \sqrt{\sqrt{2a + 2|\mathbb{C}|} + 2\sqrt{|\mathbb{C}|}}}i$$

Seguindo o raciocínio, a fórmula geral fica:

$$\sqrt[2^n]{a + bi} =$$

$$\frac{\sqrt{\sqrt{\dots \sqrt{\sqrt{2a + 2|\mathbb{C}|} + 2\sqrt{|\mathbb{C}|}} + \dots + 2 \cdot \sqrt[2^{n-1}]{|\mathbb{C}|}}}}{2} + \frac{bi}{\sqrt{\sqrt{\dots \sqrt{\sqrt{2a + 2|\mathbb{C}|} + \dots + 2 \cdot \sqrt[2^{n-2}]{|\mathbb{C}|}}}} \cdot \sqrt{\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a + 2|\mathbb{C}|} + 2\sqrt{|\mathbb{C}|}} + \dots + 2 \cdot \sqrt[2^{n-1}]{|\mathbb{C}|}}}}$$

Portanto, chegamos a uma nova fórmula que obtém os mesmos resultados, mas que elimina o \pm , uma vez que a parte imaginária depende de b .

5.2 Um passo para além dos Complexos

Em 1843, Sir William Rowan Hamilton descobriu os quatérnios, ou quaternião, na tentativa de encontrar a generalização tridimensional dos complexos. Como os Reais estão distribuídos na reta Real, que tem 1 dimensão, e os Complexos distribuídos no plano complexo, que tem 2 dimensões, era de se presumir que existia um número hipercomplexo, cujo conjunto contenha os Complexos e os Reais e que, pela lógica, estivesse em 3 dimensões.

Todavia a álgebra desse conjunto não funcionava. Foi aí que lhe ocorreu a ideia de adicionar mais uma dimensão. Esse novo número de 4 dimensões teve, portanto, a forma:

$$a + bi + cj + dk,$$

Com $a; b; c; d \in \mathbb{R}$ e $i; j; k$ sendo as unidades imaginárias.

Depois dessa grande ideia, a matemática fluiu como água em um rio sem barreiras. Sua propriedade fundamental foi descrita como:

$$i^2 = j^2 = k^2 = ijk = -1$$

E a relação multiplicativa entre as unidades:

$$ij = k \quad ji = -k$$

$$ik = -j \quad ki = j$$

$$jk = i \quad kj = -i$$

Vamos, então, aplicar o mesmo processo feito com os complexos, para calcular as raízes 2ⁿ dos quatérnios.

Do mesmo modo que a raiz de um número complexo também é um número complexo, a raiz de um quaternião também é um quaternião. Logo:

$$\sqrt{a + bi + cj + dk} = x_0 + x_1i + x_2j + x_3k$$

$$a + bi + cj + dk = (x_0 + x_1i + x_2j + x_3k)^2$$

Fazendo a multiplicação e respeitando as propriedades do Conjunto, temos que:

$$a + bi + cj + dk = (x_0^2 - x_1^2 - x_2^2 - x_3^2) + 2x_0x_1i + 2x_0x_2j + 2x_0x_3k$$

Para que a equação seja satisfeita, as identidades têm de serem observadas, igualando-se a parte real do lado esquerdo à parte real do lado direito, da mesma forma que aquelas imaginárias. Temos daí o seguinte sistema

$$\begin{cases} a = x_0^2 - x_1^2 - x_2^2 - x_3^2 \\ b = 2x_0x_1 \\ c = 2x_0x_2 \\ d = 2x_0x_3 \end{cases}$$

Isolando x_1, x_2 e x_3 nas três equações e substituindo na primeira:

$$\begin{cases} a = x_0^2 - \left(\frac{b}{2x_0}\right)^2 - \left(\frac{c}{2x_0}\right)^2 - \left(\frac{d}{2x_0}\right)^2 \\ x_1 = \frac{b}{2x_0} \\ x_2 = \frac{c}{2x_0} \\ x_3 = \frac{d}{2x_0} \end{cases}$$

Então

$$a = x_0^2 - \frac{b^2}{4x_0^2} - \frac{c^2}{4x_0^2} - \frac{d^2}{4x_0^2}$$

$$4x_0^2a = 4x_0^4 - (b^2 + c^2 + d^2)$$

$$4x_0^4 - 4ax_0^2 - (b^2 + c^2 + d^2) = 0$$

Usando uma variável auxiliar, $y = x_0^2$

$$4y^2 - 4ay - (b^2 + c^2 + d^2) = 0$$

Resolvendo a equação de segundo grau, temos que:

$$y = \frac{a \pm |\mathbb{H}|}{2}$$

Portanto:

$$x_0 = \sqrt{\frac{a + |\mathbb{H}|}{2}} = \frac{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|}}{2}$$

Agora que achamos x_0 , conseguimos encontrar x_1, x_2 e x_3 :

$$x_1 = \frac{b}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|}}; x_2 = \frac{c}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|}}; x_3 = \frac{d}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|}}$$

Após descobrir todos os valores da equação

$$\sqrt{a + bi + cj + dk} = x_0 + x_1i + x_2j + x_3k$$

Substituímos

$$\sqrt{a + bi + cj + dk} = \frac{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|}}{2} + \frac{b}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|}}i + \frac{c}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|}}j + \frac{d}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|}}k$$

Ou simplificando ainda:

$$\sqrt{a + bi + cj + dk} = \frac{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|}}{2} + \frac{bi + cj + dk}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|}}$$

5.3 Raiz 2^n de \mathbb{H}

Aplicação de raízes em ambos os membros, como feito com os Complexos:

$$\sqrt{\sqrt{a + bi + cj + dk}} = \sqrt{\frac{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|}}{2} + \frac{bi + cj + dk}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|}}}$$

$$a' = \frac{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|}}{2}; b' = \frac{b}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|}}; c' = \frac{c}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|}}; d' = \frac{d}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|}}; |\mathbb{H}'| = \sqrt{|\mathbb{H}|}$$

Usando a fórmula

$$\sqrt[4]{a + bi + cj + dk} = \frac{\sqrt{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|} + 2\sqrt{|\mathbb{H}|}}}{2} + \frac{bi + cj + dk}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|} \cdot \sqrt{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|} + 2\sqrt{|\mathbb{H}|}}}$$

E aplicando as sucessivas raízes, temos que a fórmula geral para os quatérnios é:

$$\sqrt[2^n]{a + bi + cj + dk} = \frac{\sqrt{\sqrt{\dots \sqrt{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|} + 2\sqrt{|\mathbb{H}|}} + \dots + 2 \cdot \sqrt[2^{n-1}]{|\mathbb{H}|}}}}{2} + \frac{bi + cj + dk}{\sqrt{\sqrt{\dots \sqrt{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|} + \dots + 2 \cdot \sqrt[2^{n-2}]{|\mathbb{H}|}}} \cdot \sqrt{\sqrt{\sqrt{\sqrt{2a + 2|\mathbb{H}|} + 2\sqrt{|\mathbb{H}|}} + \dots + 2 \cdot \sqrt[2^{n-1}]{|\mathbb{H}|}}}}$$

5.4 Mais um passo para além dos Complexos

O conjunto dos octônios, \mathbb{O} , tem contido nele o conjunto \mathbb{H} , que por sua vez, tem o \mathbb{C} contido nele, e assim por diante. Foi descoberto pouco tempo depois dos quatérnios, por volta de 1845. Sua forma é parecida com a dos quatérnios, só que com oito dimensões.

$$\mathbb{O} = a + bi + cj + dk + el + fil + gjl + hkl$$

Com $a; b; c; d; e; f; g; h \in \mathbb{R}$ e $i; j; k; l; il; jl; kl$ as constantes imaginárias.

Sua principal relação é:

$$i^2 = j^2 = k^2 = l^2 = (il)^2 = (jl)^2 = (kl)^2 = -1$$

A multiplicação entre as unidades imaginárias é dada pela tabela a seguir, onde o resultado é obtido através do cruzamento da m-ésima linha com a n-ésima coluna. Por exemplo, $l * il$ consiste na intersecção da linha do l com a coluna do il , cujo resultado é i .

1	i	j	k	l	il	jl	kl
i	-1	k	$-j$	il	$-l$	$-kl$	jl
j	$-k$	-1	i	jl	kl	$-l$	$-il$
k	j	$-i$	-1	kl	$-jl$	il	$-l$
l	$-il$	$-jl$	$-kl$	-1	i	j	k
il	l	$-kl$	jl	$-i$	-1	$-k$	j
jl	kl	l	$-il$	$-j$	k	-1	$-i$
kl	$-jl$	il	l	$-k$	$-j$	i	-1

Dessa forma, dado que podemos calcular a raiz de \mathbb{H} , aplicaremos o mesmo raciocínio a \mathbb{O} .

$$\sqrt{\mathbb{O}} = x_0 + x_1i + x_2j + x_3k + x_4l + x_5il + x_6jl + x_7kl$$

Elevando os dois lados ao quadrado e respeitando as propriedades do conjunto:

$$\begin{aligned} \mathbb{O} = & (x_0^2 - x_1^2 - x_2^2 - x_3^2 - x_4^2 - x_5^2 - x_6^2 - x_7^2) + 2x_0x_1i + 2x_0x_2j + 2x_0x_3k \\ & + 2x_0x_4l + 2x_0x_5il + 2x_0x_6jl + 2x_0x_7kl \end{aligned}$$

Com isso, temos o sistema:

$$\left\{ \begin{array}{l} a = x_0^2 - x_1^2 - x_2^2 - x_3^2 - x_4^2 - x_5^2 - x_6^2 - x_7^2 \\ b = 2x_0x_1 \\ c = 2x_0x_2 \\ d = 2x_0x_3 \\ e = 2x_0x_4 \\ f = 2x_0x_5 \\ g = 2x_0x_6 \\ h = 2x_0x_7 \end{array} \right.$$

Isolando e substituindo na primeira equação:

$$\left\{ \begin{array}{l} a = x_0^2 - \left(\frac{b}{2x_0}\right)^2 - \left(\frac{c}{2x_0}\right)^2 - \left(\frac{d}{2x_0}\right)^2 - \left(\frac{e}{2x_0}\right)^2 - \left(\frac{f}{2x_0}\right)^2 - \left(\frac{g}{2x_0}\right)^2 - \left(\frac{h}{2x_0}\right)^2 \\ x_1 = \frac{b}{2x_0} \\ x_2 = \frac{c}{2x_0} \\ x_3 = \frac{d}{2x_0} \\ x_4 = \frac{e}{2x_0} \\ x_5 = \frac{f}{2x_0} \\ x_6 = \frac{g}{2x_0} \\ x_7 = \frac{h}{2x_0} \end{array} \right.$$

$$a = x_0^2 - \left(\frac{b^2 + c^2 + d^2 + e^2 + f^2 + g^2 + h^2}{4x_0^2} \right)$$

$$4x_0^2a = 4x_0^4 - (b^2 + c^2 + d^2 + e^2 + f^2 + g^2 + h^2)$$

$$0 = 4x_0^4 - 4ax_0^2 - (b^2 + c^2 + d^2 + e^2 + f^2 + g^2 + h^2)$$

Utilizando a variável auxiliar $x_0^2 = y$ mais uma vez,

$$0 = 4y^2 - 4ay - (b^2 + c^2 + d^2 + e^2 + f^2 + g^2 + h^2)$$

Logo:

$$y = \frac{a \pm |\mathbb{O}|}{2}$$

Então temos:

$$x_0 = \sqrt{\frac{a + |\mathbb{O}|}{2}} = \frac{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|}}{2}$$

Agora que temos x_0 fica fácil achar o restante

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{b}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|}}; x_2 = \frac{c}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|}}; x_3 = \frac{d}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|}}; x_4 = \frac{e}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|}}; x_5 \\ &= \frac{f}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|}}; x_6 = \frac{g}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|}}; x_7 = \frac{h}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|}} \end{aligned}$$

Substituindo em:

$$\sqrt{\mathbb{O}} = x_0 + x_1i + x_2j + x_3k + x_4l + x_5il + x_6jl + x_7kl$$

Temos então:

$$\sqrt{\mathbb{O}} = \frac{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|}}{2} + \frac{bi + cj + dk + el + fil + gjl + hkl}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|}}$$

5.5 Raiz 2^n de \mathbb{O}

Assim como antes, tiramos a raiz dos dois lados

$$\sqrt{\sqrt{\mathbb{O}}} = \sqrt{\frac{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|}}{2} + \frac{bi + cj + dk + el + fil + gjl + hkl}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|}}}$$

Aplicando a fórmula que acabamos de descobrir, encontramos:

$$\sqrt[4]{\mathbb{O}} = \frac{\sqrt{\frac{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|}}{2} + 2\sqrt{\mathbb{O}}}}{2} + \frac{bi + cj + dk + el + fil + gjl + hkl}{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|} \cdot \sqrt{\frac{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|}}{2} + 2\sqrt{\mathbb{O}}}}$$

Para encontrar a 2^n -ésima raiz, tiramos a raiz n vezes, logo teremos:

$$\begin{aligned} &\sqrt[2^n]{a + bi + cj + dk + el + fil + gjl + hkl} = \\ &\frac{\sqrt[\frac{2^n}{2}]{\dots \sqrt{\frac{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|}}{2} + 2\sqrt{\mathbb{O}}} + \dots + 2 \cdot \sqrt[2^{n-1}]{|\mathbb{O}|}}}{2} + \frac{bi + cj + dk + el + fil + gjl + hkl}{\sqrt[\frac{2^n}{2}]{\dots \sqrt{\frac{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|}}{2} + 2\sqrt{\mathbb{O}}} + \dots + 2 \cdot \sqrt[2^{n-1}]{|\mathbb{O}|}} \cdot \sqrt[\frac{2^n}{2}]{\dots \sqrt{\frac{\sqrt{2a + 2|\mathbb{O}|}}{2} + 2\sqrt{\mathbb{O}}} + \dots + 2 \cdot \sqrt[2^{n-1}]{|\mathbb{O}|}}} \end{aligned}$$

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Resultados sobre o Números Complexos

Com as fórmulas que deduzimos, vamos calcular alguns exemplos:

Exemplo 1: Vamos calcular o exemplo da Introdução, $\sqrt[3]{3+4i}$

$$|z'| = \sqrt{(3)^2 + (4)^2} = \sqrt{25} = 5$$

$$\left({}^{2^1-1}\sqrt{-1}\right)^{k-1} = (-1)^{k-1}$$

Seguindo a fórmula proposta, achamos a primeira raiz.

Para $k = 1$ o fator se torna 1. Então:

$$\sqrt{a+bi} = \left(\frac{\sqrt{2(3)+2(5)}}{2} + \frac{\sqrt{-2(3)+2(5)}}{2}i\right) \cdot (-1)^{1-1}$$

$$\frac{\sqrt{16}}{2} + \frac{\sqrt{4}}{2}i = 2 + i$$

Para a segunda raiz $k = 2$:

$$(2+i)(-1)^{2-1} = -2-i$$

Exemplo 2: E se quisermos calcular $\sqrt[4]{2-5i}$?

$$|z'| = \sqrt{(2)^2 + (-5)^2} = \sqrt{29}$$

$$\left(\sqrt{-1}\right)^{k-1} = i^{k-1}$$

A primeira raiz ($k = 1$)

$$\frac{\sqrt{\sqrt{2(2)+2\sqrt{29}+2\sqrt{\sqrt{29}}}}}{2} - \frac{\sqrt{-\sqrt{2(2)+2\sqrt{29}+2\sqrt{\sqrt{29}}}}}{2}i$$

$$\frac{\sqrt{\sqrt{4+2\sqrt{29}+2\cdot\sqrt[4]{29}}}}{2} - \frac{\sqrt{-\sqrt{4+2\sqrt{29}+2\cdot\sqrt[4]{29}}}}{2}i$$

A segunda raiz ($k = 2$)

$$\left(\frac{\sqrt{\sqrt{4+2\sqrt{29}}+2\sqrt[4]{29}}}{2} - \frac{\sqrt{-\sqrt{4+2\sqrt{29}}+2\sqrt[4]{29}}}{2} i \right) i^{2-1}$$

$$\frac{\sqrt{-\sqrt{4+2\sqrt{29}}+2\sqrt[4]{29}}}{2} + \frac{\sqrt{\sqrt{4+2\sqrt{29}}+2\sqrt[4]{29}}}{2} i$$

A terceira raiz ($k = 3$)

$$\left(\frac{\sqrt{\sqrt{4+2\sqrt{29}}+2\sqrt[4]{29}}}{2} - \frac{\sqrt{-\sqrt{4+2\sqrt{29}}+2\sqrt[4]{29}}}{2} i \right) i^{3-1}$$

$$- \frac{\sqrt{\sqrt{4+2\sqrt{29}}+2\sqrt[4]{29}}}{2} + \frac{\sqrt{-\sqrt{4+2\sqrt{29}}+2\sqrt[4]{29}}}{2} i$$

E, por fim, a quarta ($k = 4$)

$$\left(\frac{\sqrt{\sqrt{4+2\sqrt{29}}+2\sqrt[4]{29}}}{2} - \frac{\sqrt{-\sqrt{4+2\sqrt{29}}+2\sqrt[4]{29}}}{2} i \right) i^{4-1}$$

$$- \frac{\sqrt{-\sqrt{4+2\sqrt{29}}+2\sqrt[4]{29}}}{2} - \frac{\sqrt{\sqrt{4+2\sqrt{29}}+2\sqrt[4]{29}}}{2} i$$

6.1 Resultados além dos Complexos

Usando a fórmula que descobrimos para a raiz dos Quatérnios, vamos calcular. Sendo:

$$\mathbb{H} = 4 + 8i + 12j + 4\sqrt{2}k$$

Então:

$$\sqrt[4]{\mathbb{H}} = \sqrt[4]{4 + 8i + 12j + 4\sqrt{2}k}$$

Primeiro calculamos o módulo:

$$|\mathbb{H}| = \sqrt{4^2 + 8^2 + 12^2 + (4\sqrt{2})^2} = 16$$

Agora é só substituir na fórmula

$$\sqrt[4]{\mathbb{H}} = \frac{\sqrt{\sqrt{2(4)} + 2(16)} + 2\sqrt{16}}{2} + \frac{8i + 12j + 4\sqrt{2}k}{\sqrt{2(4)} + 2(16) \cdot \sqrt{\sqrt{2(4)} + 2(16)} + 2\sqrt{16}}$$

Portanto resultado é:

$$\sqrt[4]{\mathbb{H}} = \frac{\sqrt{2\sqrt{10} + 8}}{2} + \frac{8i + 12j + 4\sqrt{2}k}{2\sqrt{10} \cdot \sqrt{2\sqrt{10} + 8}}$$

Ou ainda

$$\sqrt[4]{4 + 8i + 12j + 4\sqrt{2}k} = \frac{\sqrt{2\sqrt{10} + 8}}{2} + \frac{4}{\sqrt{10} \cdot \sqrt{2\sqrt{10} + 8}}i + \frac{6}{\sqrt{10} \cdot \sqrt{2\sqrt{10} + 8}}j + \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{10} \cdot \sqrt{2\sqrt{10} + 8}}k$$

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de restringir-se aos cálculos de raízes 2^n dos números complexos, quatérnios e octônios e embora já existam outras formas de as calcularem, o método apresentado pode vir a ser útil para os casos em que os valores resultantes da aplicação destas últimas são imprecisos devido à dependência das relações trigonométricas - para diversos senos e cossenos, seus respectivos ângulos são numericamente irracionais - ou para aqueles em que executar um cálculo manualmente torna-se muito custoso. Por essas razões, e porque é praticamente impossível reconhecer imediatamente todos os ângulos com base em suas razões trigonométricas, chegar a raízes gera certa sujeição à recorrência de instrumentos que realizem as operações matemáticas, o que a proposta aqui defendida visa a eliminar. Assim, com ela, põe-se à disposição um método alternativo que contorna tais percursos sinuosos.

Entretanto, um dilema se apresenta: a mesma fórmula que nos permite encontrar a raiz um tanto mais rápido e facilmente do que a fórmula trigonométrica só soluciona raízes 2^n . Assim sendo, resta a questão, será que se existe alguma fórmula algébrica para encontrar qualquer raiz n , tanto de complexos como quatérnios e octônios?

REFERÊNCIAS

DA SILVA, Adalso Costa; PEREIRA, Joel Maia; SARAIVA, Luiz Fernando Lobato. OS COMPLEXOS, OS QUATÉRNIOS E OS OCTÔNIOS: OS NUMEROS IMAGINÁRIOS. Disponível em: <<https://www2.unifap.br/matematica/files/2017/07/tcc-2012-adalso-costa-joel.pdf>>

PINHEIRO, Maria Lúcia Gonçalves. Quaterniões: Cálculo numérico e simbólico. 2006. Dissertação de Mestrado. Matemática Computacional. Universidade do Minho. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1822/6766>>

RIBEIRO, J. Matemática: Ciência, Linguagem e Tecnologia: Estudando números complexos. São Paulo: Editora Scipione. 2012. (pp. 277-311). v.3.

SAITO, Olga Harumi; NÓS, Rudimar Luiz; DOS SANTOS, Marcos André. Radicais duplos e a raiz quadrada de um número complexo. Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, v. 5, n. 1, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5540/03.2017.005.01.0557>

SILVA, D. D. Números Complexos. InfoEscola. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/matematica/numeros-complexos/>> Acesso em: 07 de Junho, 2020.



CAPÍTULO 9

OS SABERES MATEMÁTICOS PRESENTES NAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS DE CÁLCULO DE ÁREAS

*THE MATHEMATICAL KNOWLEDGE PRESENT IN THE
AGRICULTURAL PRACTICES OF CALCULATION OF
AREAS*

Robson Luiz Costa Santos Arraes

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.9

RESUMO

O presente trabalho investiga os saberes matemáticos presentes nas práticas agrícolas de cálculo de áreas, mais especificamente as questões relacionadas à cubação de terra, o plantio e a colheita, na comunidade São Francisco das Chagas, município de Brasil Novo-Pa. A partir de um estudo das dimensões, pedagógicas e organizacionais, o trabalho parte da hipótese de que a dinâmica de organização dos saberes no trabalho da agricultura familiar caracteriza-se como um processo permanente de construção e reconstrução dos saberes sociais articulados às experiências profissionais adquiridas a partir dos processos de ocupação da região da Transamazônica, desencadeada nos anos 1970, com a abertura da Rodovia Transamazônica. Assim, a pesquisa está relacionada ao estudo de um conjunto de saberes e práticas sociais que constituem as dimensões pedagógica e organizacional do trabalho rural, ou seja, busca compreender o movimento dialético presente na construção dos saberes e dos conhecimentos resultantes da relação dos sujeitos com o trabalho diário de suas atividades do campo, na comunidade São Francisco das Chagas.

Palavras-Chave: Transamazônica; Cubação de Terra; Etnomatemática.

ABSTRACT

The present work investigates the mathematical knowledge present in the agricultural practices of calculating areas, more specifically the issues related to land cover, planting and harvesting, in the community of São Francisco das Chagas, municipality of Brasil Novo-Pa. Based on a study of the dimensions, pedagogical and organizational, the work starts from the hypothesis that the dynamics of organization of knowledge in the work of family agriculture is characterized as a permanent process of construction and reconstruction of social knowledge articulated to the professional experiences acquired from the processes of occupation of the region of the Transamazônica, triggered in the 70s, with the opening of the Transamazonian Highway. Thus, research is related to the study of a set of knowledge and social practices that constitute the pedagogical and organizational dimensions of rural work, that is, it seeks to understand the dialectical movement present in the construction of knowledge and knowledge resulting from the relation of subjects to work diary of his field activities in the São Francisco das Chagas community.

Key words: Transamazon; Earth Cube; Ethnomathematics.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo ao investigar as dimensões pedagógica e organizacional no trabalho das práticas matemáticas realizadas por trabalhadores da zona rural, no município de Brasil Novo, no Estado do Pará, busca analisar a (res)significação¹ dos saberes nas atividades diárias que se dão no cotidiano dos trabalhadores rurais e no modo de vida dessas pessoas.

A escolha do tema abordado neste artigo foi consequência de um descontentamento com o uso da Matemática em ambientes escolares e não escolares, principalmente nas comunidades da zona rural da Transamazônica, que, do nosso ponto de vista, mostrava-se carente de finalidade e sem sentido para os agentes envolvidos nesse processo.

A realização de um estudo dos saberes matemáticos no trabalho rural pressupõe, antes de tudo, a compreensão do processo de organização dos trabalhadores e trabalhadoras² rurais de maneira profunda, contextualizada e relacionada a fatores políticos e sociais, interligados tanto à economia local quanto à economia universal; também demanda profundo reconhecimento da importância da organização do trabalho para melhor entender as mudanças decorrentes na construção dos saberes sociais, que configuram o modo de vida dos trabalhadores no contexto rural. É necessário esclarecer, neste momento, que o sentido de saber social adotado neste trabalho baseia-se na definição proposta por Grzybowski (1986, p. 50), para quem saber social é:

[...] um conjunto de conhecimentos e habilidades, valores e atitudes que são produzidos pelas classes em uma situação histórica dada de relações, para dar conta de seus interesses [...]. Afinal todo saber corresponde a determinados interesses e, por isso, contém nele mesmo uma questão de poder e dominação. É sempre um saber socialmente determinado.

No caso da Messorregião do Sudoeste Paraense, uma situação que desarticulou o modo de vida e a tradição cultural da população do campo, implicando um intenso processo de modificação dos saberes presentes em sua vivência, está relacionada à implantação dos grandes projetos na Amazônia, durante o governo militar brasileiro, dentre os quais a construção da Rodovia Transamazônica, que surge com o objetivo de integrar a Amazônia ao resto do país.

1 Tomou-se, neste trabalho, o conceito de ressignificação adotado por Rodrigues (2012), em "Saberes sociais e luta de classe: um estudo a partir da colônia de pescadores artesanais Z-16 - Cametá Pará", no qual afirma que a ressignificação consiste na elaboração dos saberes produzidos nas relações interpessoais para o atendimento dos interesses pessoais ou assumidos por grupos sociais.

2 Silva (2008), em sua tese de doutorado, faz uma análise socioantropológica sobre as mulheres migrantes da região da Transamazônica que integram junto com suas famílias um projeto de colonização e de desenvolvimento nacional, empreendido pelo Governo Federal na década de setenta.

A partir desse contexto histórico-social, é que se intensifica um processo de desarticulação política, econômica e cultural no modo de vida e na forma de produção da existência da população rural da Messorregião do Sudoeste Paraense, provocando mudanças bruscas na significação dos saberes dessa população. Outrossim, à medida que o processo de reestruturação e ampliação do capitalismo se intensifica no contexto regional, impondo novos valores, cultura e costumes, os sujeitos reagem, resistem e se adequam à “trama de relações” que constroem em função da própria existência.

1.1 O local da pesquisa de campo

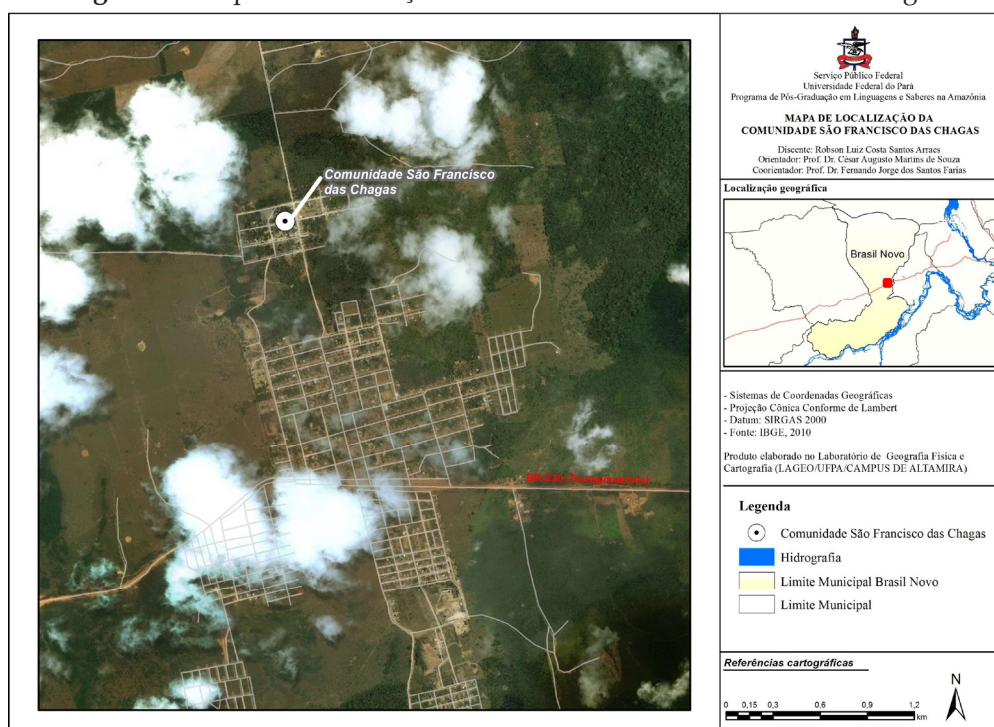
O local escolhido para realização da pesquisa foi a comunidade de São Francisco das Chagas, localizada no Travessão do Km 12 do município de Brasil Novo, estado do Pará.

O município de Brasil Novo foi criado pela Lei Estadual nº 5.962 de 13 de dezembro de 1991. Nascido por influência da abertura da Transamazônica e colonização da região Amazônica, a pequena Agrópolis³ situada à margem da BR 230, localiza-se à 46 km da sede do município de Altamira, na Messorregião Sudoeste Paraense, possuindo uma área territorial de 6.362,555 km². Possui uma população de 15.690 habitantes (IBGE, 2010) bem diversificada, haja vista que se formou por imigração de todas as regiões do Brasil.

Sua economia tem como principal atividade a pecuária extensiva de corte, com um rebanho de 206.099 cabeças (IBGE, 2017). Brasil Novo conta também com a extração de madeira de lei, o comércio, o setor de serviços públicos e básicos, e uma diversidade de culturas perenes e agrícolas. Merecendo ênfase as atividades agrícolas do cacau, do café, da pimenta-do-reino, do feijão, do milho, do arroz e da mandioca.

3 Segundo Cardoso & Muller (1978. apud SOUZA, 2012, p. 58.) “Agrovila – composta em média de 50 famílias, conta com uma escola primária, um pequeno posto de atendimento de saúde e comércio reduzido. Circundando a agrovila, a distâncias que variam de 500 m a 5 Km, estão os lotes rurais, de 100 hectares cada um. Agrópolis – polariza, em média, 20 agrovilas; conta com uma cooperativa, um posto de assistência social e de saúde, um de assistência técnica, escola primária, agroindústrias e serviços urbanos de infraestrutura. É, também, o centro administrativo dos órgãos públicos. Deve ser instalado a cada 40 km. Rurópolis – localiza-se no centro do círculo, sendo ponto de integração entre agrovilas e agrópolis. É o principal dentre os três núcleos urbanos, e é onde devem concentrar-se as atividades industriais e comerciais. Pode tanto originar-se do desenvolvimento posterior de algumas agrovilas, convenientemente localizadas, quanto pelo crescimento de formações urbanas já existentes. Deve surgir em média, a cada 140 km.

Figura 1 – Mapa de Localização da comunidade São Francisco das Chagas



Fonte: IBGE, 2010

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Passados quase cinquenta anos do início da abertura da rodovia transamazônica, a sociedade do século XXI continua em permanente mudança, quer seja em termos de dinâmicas sociais e/ou tecnológicas. Os indivíduos que integram nossa sociedade possuem necessidades inseridas em realidades diferentes, e em alguns casos são tratadas como iguais, não considerando as suas particularidades e as colocando como limites. Um exemplo encontra-se no ensino da Matemática que, por muito tempo esteve voltado a uma concepção de educação “bancária”, como é analisada por Freire (1980) que serve a dominação, a perpetuação do *status quo* e que nega a dialogicidade pela adoção de uma concepção educacional problematizadora que leve à libertação e que se apoie no diálogo entre educador e o educando.

Na década de 1980, as organizações da sociedade civil, especialmente as ligadas à educação popular, colocaram a Educação do Campo na pauta dos temas estratégicos para a redemocratização do país (BRASIL, 2007, p. 11). Hoje, com as pressões de Movimentos Sociais e organizações da sociedade civil e os estudos nessa área têm colaborado para o desenvolvimento de projetos que visam melhorar a realidade da educação escolar dos povos do campo.

Molina (2006) afirma que a especificidade da Educação do Campo, em relação a outros diálogos sobre educação deve-se ao fato de sua permanente associação com

as questões do desenvolvimento e do território no qual ela se enraíza. Arroyo (2006) adverte-nos que é preciso levar em consideração que a escola do campo traz as marcas dos sujeitos: das diferenças convertidas em desigualdades. É intensa a relação entre as desigualdades econômicas e sociais, historicamente sofridas pelos sujeitos do campo e a ausência do direito à educação no território rural.

O reconhecimento de que os sujeitos que vivem e trabalham no campo possuem o direito a uma educação diferenciada daquela oferecida a quem vive nas cidades, está além da simples noção de espaço geográfico e compreende as características culturais, os direitos sociais e a formação integral desses indivíduos. A educação, em geral, enfrenta alguns problemas, sobretudo no ensino da Matemática, como é observado por D'Ambrósio (2003, p. 83), no qual “[...] parece que há uma fixação na ideia de haver necessidade de um conhecimento hierarquizado em que cada degrau é galgado numa certa fase da vida [...]”.

As lutas pela educação envolvem o esforço por direitos e os movimentos sociais pela educação abrangem questões tanto de conteúdo escolar, neste estudo considerado especificamente o caso da Matemática, quanto de gênero, etnia, nacionalidade, religiões, pessoas com deficiências, meio ambiente, qualidade de vida, paz, direitos humanos, direitos culturais etc.

Abordaremos neste ponto uma especificidade do conceito de educação, qual seja, a Educação Matemática. D'Ambrósio (1986, p. 35) afirma que a “Educação Matemática poderia ser caracterizada como uma atividade multidisciplinar, que se pratica com um objetivo geral bem específico de transmitir conhecimentos e habilidades matemáticas”. O termo “Educação Matemática” surgiu no século XIX influenciado por diversas inquietações e questionamentos dos professores de Matemática sobre a forma como se dava o ensino da disciplina. Os principais enfoques trazidos por essa área têm como finalidade divulgar métodos inovadores que estejam voltados para a melhoria do ensino e aprendizagem de Matemática escolar e não escolar.

Assim, os conceitos matemáticos precisam ser trabalhados de forma a terem um significado na vida prática, pois dissociada da prática, pode levar a um processo de exclusão social, haja vista, que a matemática só existe onde conseguimos enxergá-la.

Como proposta de combater essa questão da exclusão, a Educação Matemática vem com o intuito de possibilitar um acesso aos saberes matemáticos presentes na sociedade, porém sabemos que nem sempre é fácil a tarefa de trazer conhecimento

e linguagens matemáticas altamente abstratas e específicas para alunos, principalmente aqueles, a quem foram negados o processo de escolarização.

E ainda, Skovsmose (2007, p. 211) diz que a Matemática pode significar muitas coisas, e que muitos pensamentos matemáticos aparecem em contextos possíveis, assim a “Matemática não precisar referir-se apenas a matemática avançada, ou a matemática aplicada ou a matemática em pacotes que fazem parte do aparato da razão. A Matemática também é representada em contextos cotidianos”. E é a partir dessa cotidianidade, que surgem as diversas formas de se expressar a Matemática no(do) campo.

A Matemática praticada fora do ambiente escolar e a falta de conexão entre essa e a praticada em sala de aula, tem gerado várias pesquisas que tentam estabelecer relações entre o saber matemático acadêmico e o saber matemático das práticas cotidianas. Uma dessas propostas é a investigação dos saberes matemáticos presentes nas práticas agrícolas de Cálculo de Áreas.

3 METODOLOGIA

Para realização da coleta dos dados durante a investigação dos saberes matemáticos utilizados nas práticas diárias dos agricultores, foram realizadas entrevistas semiestruturadas⁴ e observações dos aspectos políticos e sociais que constituem a vivência dos agricultores, pois, trata-se de um estudo que investiga a abrangência de um conjunto de aspectos pedagógicos e organizacionais, que configuram a vivência dos sujeitos em interação com o trabalho.

As entrevistas, de acordo com Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (2000, p. 168), assemelham-se “muito a uma conversa [...] o investigador está interessado em compreender o significado atribuído pelos sujeitos a eventos, situações, processos ou personagens que fazem parte de sua vida cotidiana”. Desse modo, o uso da entrevista foi considerado o mais adequado porque se procedeu em forma de diálogo entre o pesquisador e os sujeitos entrevistados, o que permitiu maior entrosamento no momento das conversas, pois isso fez com que os trabalhadores ficassem à vontade para relatar um conjunto de experiências que possuem, bem como falar sobre os saberes que produzem para dar conta do trabalho diário e de sua própria existência.

⁴ Esse tipo de entrevista é denominado por Michelat (1985 apud RODRIGUES, 2012, p. 115) de não diretiva. Já Minayo (2004, p. 121) usa a denominação de entrevista semiestruturada, em oposição à entrevista não estruturada, salientando que a diferença entre ambas é apenas questão de grau, uma vez que “[...] nenhuma interação, para finalidade de pesquisa, se coloca de forma totalmente aberta. Ela parte da elaboração de um roteiro”.

Para obter os dados da pesquisa foi adotado, então, o seguinte procedimento: primeiro realizamos uma pesquisa exploratória no município de Brasil Novo, com o objetivo de conhecer possíveis mudanças no trabalho do campo e no modo de vida rural, decorrentes da abertura da Rodovia Transamazônica.

Durante a pesquisa, tivemos a oportunidade de conversar com alguns alunos do curso de Educação do Campo que residem em Brasil Novo, a fim de conhecer como o trabalho no campo tem se configurado no contexto atual. Esses alunos afirmaram, dentre outros aspectos, a existência de um processo de descaracterização na atividade laboral, devido às contradições ocasionadas pela imposição do capital, conforme será demonstrado na seção três deste artigo. Depois do diagnóstico panorâmico sobre os saberes e as práticas matemáticas, foi possível situar a investigação nos saberes matemáticos utilizados nas atividades diárias na comunidade.

Após a conversa, também foi possível agendar entrevistas, que normalmente ocorreram nos horários de folga e nos finais de semana, pois, conforme as observações de Alves-Mazzotti; Gewandsznajder (1998) são muitos os cuidados que o pesquisador precisa manter durante o período em que estiver realizando a tarefa de coleta de dados no campo de pesquisa, restando esclarecimentos dos objetivos da pesquisa, bem como os procedimentos da coleta de informações de maneira que o envolvimento do pesquisador com a comunidade deve ser feito de modo preciso, demonstrando a importância do estudo para a localidade e para o conhecimento científico.

Importante ainda é destacar que a observação do contexto durante a pesquisa de campo permitiu nosso envolvimento, como pesquisador, com os sujeitos e com a comunidade em estudo.

Com relação ao critério para seleção dos informantes na pesquisa de campo, adotamos o seguinte procedimento: nos meses de novembro e dezembro do ano de 2017, realizamos uma pesquisa exploratória sobre as práticas matemáticas dos agricultores nas atividades diárias, no município de Brasil Novo.

Essa pesquisa inicial teve como objetivo levantar dados que revelassem possíveis mudanças na produção dos saberes matemáticos utilizados nas práticas diárias. Buscamos, então, entrevistar os familiares dos alunos do curso de Educação do Campo que viviam exclusivamente da atividade rural.

Dessa forma, foi possível fazer um diagnóstico do trabalho dos agricultores no que diz respeito aos seus processos de produção de saberes e de formação profissio-

nal. Esse diagnóstico preliminar contribuiu para que pudéssemos redefinir o objeto de pesquisa que foi direcionado para estudar as dimensões pedagógica e organizacional nos saberes dessas atividades e sua relação com a abertura da Rodovia Transamazônica, pois essas dimensões, dentre outras, configuram a base da produção da existência dos trabalhadores rurais no contexto político social onde (com)vivem.

Em seguida, considerando o objetivo proposto na pesquisa, buscamos entender, na história do trabalho no campo, as formas de organização e o modo de vida dos agricultores para chegar a uma melhor compreensão sobre as dimensões dos saberes que constituem o trabalho rural naquele contexto.

Para isso, selecionamos os agricultores mais idosos, pois eles tinham reconhecida experiência de vida, além de serem conhecedores da origem e do desenvolvimento do trabalho rural local. Estes sujeitos também relataram a forma como os agricultores têm se organizado em função dos interesses que consideram importante para o convívio comunitário, bem como sobre as perspectivas que os jovens possuem sobre o trabalho no campo. Desse modo, pudemos fazer uma análise mais precisa no estudo das dimensões: pedagógica e organizacional do uso da Matemática nas atividades diárias dos trabalhadores rurais da comunidade São Francisco das Chagas.

A partir dos relatos dos agricultores identificamos exemplos de calendários agrícolas, elaborados em função da produção de culturas de curto prazo, como o arroz, ou de longo prazo, como a pimenta. Chamamos atenção para a disposição das tarefas, como foram expostas pelos agricultores, que segue o modelo do calendário Gregoriano, iniciando em janeiro e terminando em dezembro, porém, as atividades de limpeza do terreno iniciam, em geral, no segundo semestre, no período de seca. Em alguns casos, nos períodos em que uma roça não está produzindo, a saída para a geração de renda é a prestação de serviços em outros lotes, chamadas empreitas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 O calendário das produções na agricultura familiar

Na elaboração dos calendários agrícolas a cubação e o orçamento são elementos fundamentais na condução do processo de implantação da Agricultura Familiar. O calendário, então, resulta do melhor aproveitamento do espaço, no cumprimento de metas de produção durante um período que segue como referências à contagem do tempo: os períodos sazonais das estações do ano, a partir do ciclo das águas (chuvas e seca) e o período de maturação dos vegetais.

O calendário da produção agrícola corresponde a um ciclo de produção, ou seja, um ciclo de maturação das culturas, o que varia de uma espécie para outra. No caso dos consórcios, pode-se compreender que as culturas de longo prazo, que levam cerca de três anos de maturação, incorporam safras de outras culturas de curto prazo, como subgrupos de produção destinadas à geração de renda complementar ou à manutenção da subsistência familiar.

Embora esse calendário sofra algumas modificações, a diversidade social dos agricultores e as suas experiências, proporcionam também o uso de técnicas de trabalho peculiares. Segundo Rocha (2012, p. 8),

A agricultura familiar da região estudada sempre foi caracterizada pela sua diversidade social, produção agropecuária caracterizada pelo baixo uso de insumos externos, uso predominante da força de trabalho familiar, produção diversificada para o consumo familiar e para o mercado (não apenas do excedente, mas mantém atividades exclusivamente para comercialização, destacando-se as commodities agrícolas e a carne bovina) e predominância do sistema de corte-queima como técnica de renovação da fertilidade do meio.

Assim, a partir dos dados levantados junto aos agricultores, elaboramos um glossário – como podemos observar no quadro 1 – dos termos comuns às práticas agrícolas, para contribuir com o entendimento de cada etapa do trabalho. Isso contribui com a atribuição de significados, além de elucidar a ordem de realização dessas etapas, o que diferencia a agricultura familiar do processo industrializado do Agronegócio, no qual não são consideradas: a sazonalidade do ciclo das águas, que são superados por intensas irrigações, ou o ciclo dos vegetais, que resultam de modificações genéticas. Outro fator que diferencia essas duas formas de produção agrícola é a utilização da monocultura como forma de expansão dos lucros e diminuição dos custos.

Quadro 1 - Glossário

Termo	Significado
Aproveitamento	Aumento da renda com outras culturas agrícolas na mesma área ao mesmo tempo e trabalho.
Arruamento	Alinhamento das plantas para caber mais pés de plantas numa mesma área.
Broque	Corte de cipós e árvores miúdas, geralmente feito com facão e foice, para facilitar a derrubada.
Capina	Limpeza do mato entre as plantas feito com enxada ou facão.
Colheita	Ato de colher, guardar, aproveitar produtos agrícolas.
Coivara	Monte (amontoado) de paus feitos com galhada de madeira na limpeza da roça, para facilitar o plantio.
Déficit	Saldo Devedor, Saldo Deficiente, Prejuízo.
Derrubada	Corte de toda madeira na área de um broque para a feitura da roça.
Despesa	Gastos que se tem para fazer uma roça ou qualquer outro nascimento.
Frete	Aluguel de carro para carregar um produto de um lugar para o outro.
Investimento	Aplicação em alternativa de rendimentos e estruturação de uma propriedade.
Plantio	Ato de plantar a semente, rama, mudas, na terra.
Receita	Recurso obtidos, resultados financeiros de um trabalho ou negócio, movimento financeiro positivo.
Semente	Amêndoas selecionadas de determinado produto para plantar.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

4.2 A cubação de terra

A Cubação de terra, grosso modo, é o planeamento para uso ordenado e consciente do espaço destinado à produção, de tal maneira que se possa trabalhar com diferentes tipos de plantio e compor consórcios (associações) entre diferentes produtos, garantindo a sustentabilidade das famílias, do comércio local e dos projetos mais importantes e lucrativos, como é o caso do cultivo do cacau que só tem os primeiros resultados de produção após dois anos de trabalho, o que implica na associação dessa cultura com outras, por exemplo: a produção de arroz, de feijão ou de outras culturas cujas safras ocorrem em tempos menores de maturação (três meses em média) e que são facilmente comercializadas nas feiras locais. Para Knijnik (1999).

[...] Esta Matemática camponesa – designação que temos dado à prática da cultura do campo como a cubação – é produzida por uma linguagem que em muito se afasta daquela utilizada pela matemática acadêmica e pela escolar. Como todas

as narrativas, as que constituem as narrativas camponesas, produzidas por uma linguagem carregada de significados culturalmente situados, são contingentes. A própria expressão cubação e os modos de narrar os procedimentos dessa prática são exemplos disso (REVISTA ETNOMATEMÁTICA, Edição Especial p.86 -87)

O método de cubação mais comum no sudoeste paraense, nas comunidades agrícolas da região da rodovia Transamazônica, corresponde à transferência da medida do perímetro do espaço a ser utilizado, para a forma de um quadrado, como podemos observar nas falas abaixo:

“Se eu quero tirar duas tarefas aqui eu boto 25 assim, 25 assim e boto 50 assim. Agora você vê a diferença. Se eu quiser uma roça esquadrejada eu coloco tudo 50 braças” (Sr. Reginaldo)⁵.

Percebemos na fala do senhor Reginaldo o uso da palavra “esquadrejada”, a qual representa a ideia de uma figura geométrica de quatros lados iguais, qual seja, o quadrado. E é justamente essa ideia de transfiguração de área que nos remete a transferência da medida do perímetro.

“O formato da coisa que a gente trabalha mais tem que ser reto em direção em linha e quadrado se tu fores fazer uma coisa quadrada. Daí tu põe 50 metros de cada lado. Se colocar trinta de um lado e cinquenta do outro já vai ficar errado. Tem que ser, por exemplo 20 nos quatro lados aí fica um quadrado” (Sr. João Lopes).

Na fala do senhor João Lopes conseguimos perceber o uso de termos idênticos aos utilizados na geometria euclidiana; “reto”, “lado” e “quadrado”. Isso nos dá um indicativo que embora o senhor João Lopes tenha cursado apenas a primeira série do ensino fundamental, ele se apropria de termos técnicos que, muito provavelmente não foram assimilados em ambiente escolar, mas sim a partir de suas práticas cotidianas.

“Pensa assim...na maioria das vezes o terreno aqui nessa região não é esquadrejado. Então pra medir a terra a gente tem que esquadrejar primeiro. Cada um faz de um jeito, mas a maioria mede assim: pega todos os cantos e deixa igual” (Sra. Maria das Graças).

A senhora Maria das Graças em sua explicação quanto a cubação da terra, nos mostra um dado relevante, qual seja, cada agricultor possui um “jeito” próprio de realizar suas cubações, no entanto percebemos que existe um procedimento que é usado pela maioria, que chamamos de transfiguração do perímetro.

Ao serem questionados sobre a explicação do sistema de medidas que utilizam em seus cálculos de cubação, os trabalhadores responderam da seguinte forma:

⁵ Levando em consideração que as entrevistas foram realizadas de forma dialogada, utilizamos a fonte Lucida Handwriting como forma de expressar essa visibilidade. Além disso, esse tipo de fonte também é utilizada em vários artigos publicados na Nova Revista Amazônica (<https://periodicos.ufpa.br/index.php/nra>)

“50 metros são 25 braças. Então uma braça é igual a 2 metros. Por exemplo tu vais fazer uma caieira de carvão, você corta 4 metros de lenha e bota na caieira de carvão, ela dá 16 sacos de carvão” (Sr. Aloísio explicando sobre a medida BRAÇA).

Nesta fala acima notamos uma “mistura” de unidades de medidas e a relação que existe entre elas a partir da ideia que o senhor Aloísio possui sobre transformações de medidas e proporção.

“A gente usava também a TAREFA. Transformava ela em hectare. Por exemplo: vamos dizer que uma tarefa fosse 25 metro. 1 hectare dava 625 metros. Tinha a braça também que era a mesma coisa do metro” (Sr. João Lopes explicando sobre a TAREFA).

Acima percebemos claramente a utilização da relação entre as medidas de tarefa, hectare e metro. Esta relação, muitas das vezes, é criada a partir da experiência de cada agricultor e também do modo como ela foi transmitida durante as gerações.

“A tarefa corresponde a um quadro de 30 braças de cada lado” (Sr. José Reginaldo explicando sobre a TAREFA).

“O quadro é uma medida que a gente usa um quadradinho com uma “braça” de cada lado” (Sra. Maria das Graças explicando sobre o QUADRO).

Por fim, conseguimos perceber também que cada agricultor possui uma forma própria de relacionar as medidas que são utilizadas na cubação de terra. Embora, exista uma similaridade entre as relações aritméticas utilizadas, o fato é, que essas relações são e foram construídas a partir da experiência de cada agricultor.

Dessa forma a cubação da terra utilizada pelos agricultores que participaram da pesquisa, leva em consideração as dimensões laterais do terreno e a ideia da transfiguração do perímetro de uma figura geométrica regular ou irregular.

Assim, sabendo-se as dimensões laterais da área a ser medida podemos determinar o perímetro dessa área.

Os métodos de cubação da terra, como são utilizados na agricultura familiar, não correspondem às regras da Geometria Euclidiana, que não assimila a transferência de perímetros de uma figura para a outra, visto a alteração na medida da área dessas figuras. Em outro sentido, a Matemática ocidental afirma que essa é uma ação impossível, além do que, acarreta em distorções significativas entre o valor real e o valor a ser considerado, o que implica, em alguns casos, na perda de espaço disponível à produção, o que pode ser configurado como uma ação tendenciosa de impor perdas ao agricultor.

Por outro lado, a validação desses métodos, nas comunidades agrícolas, resulta de acordos informais de significação, resultante de “um longo processo cumulativo de geração, organização intelectual, de organização social e difusão” (D’AMBROSIO, 1996, p. 18). Esse é um processo que se faz presente e permanente a partir de um intenso processo educativo que se dá na prática cotidiana, no diálogo das gerações.

As relações entre o terreno disponível e a escolha da cultura mais adequada e rentável, são os primeiros passos no processo de cubação da terra. Os passos seguintes percorrem o caminho da medição do espaço, em função da meta de produção. Essa medição é descrita em linhas e tarefas.

Uma linha é um espaço quadrado de 55 m de lado, totalizando 3025 m². O agrupamento de 16 linhas é denominado tarefa, dispostas em um espaço quadrado, de quatro linhas de lado, ou seja, 220 m de lado (55m X 4 = 220m) totalizando, 48.400 m² de área.

Os lotes de assentamento na região da Transamazônica somam um total de 100 hectares ou 20 alqueires, porém, para se chegar nessa relação, basta dividir os 100 hectares, por 5, visto que o alqueire corresponde a um quinto do hectare. Esse cálculo só serve para confirmar a capacidade de produção do lote.

A partir dessas relações entre o terreno disponível e a escolha da cultura mais adequada e rentável, procuramos identificar durante as entrevistas e a convivência no lote dos agricultores, quais as técnicas que utilizavam para realizar a cubação de terra.

O senhor Reginaldo ao ser questionado de que maneira faria para medir uma terra respondeu:

“Se eu quero tirar duas tarefas aqui eu boto 25 assim, 25 assim e boto 50 assim. Agora você vê a diferença. Se eu quiser uma roça esquadrejada eu coloco tudo 50 braças”.

O que nos leva a entender que ele na verdade se utiliza da técnica de transfiguração do perímetro. A partir da cubação de uma área a ser trabalhada, é possível determinar qual a quantidade de matéria prima necessária à produção: sementes, adubos, inseticida, entre outros. Esse cálculo também é muito útil na determinação do valor da propriedade e no manejo de áreas de floresta.

Os trabalhadores rurais que participaram da pesquisa foram questionados sobre como levantar os elementos necessários à implantação de uma roça, com suas

etapas básicas de preparo da terra e limpeza do espaço, o plantio, a colheita e as outras ações que fazem parte das etapas do trabalho na agricultura familiar. O conjunto destes saberes utilizados nas práticas diárias; o calendário das produções agrícolas, a cubação da terra e o plano orçamentário, constituem o conhecimento tradicional que se constrói entre as comunidades que produzem conhecimento de modo não formal, nesse sentido, é importante pensar como alguns campos de estudo que têm se preocupado ao longo da história em estabelecer relações entre saberes e os conhecimentos acadêmicos têm se estruturado, contribuindo significativamente para esboços acerca dos conhecimentos tradicionais e sua importância para a sociedade contemporânea. Nesta perspectiva, Rosário (2017, p. 49) destaca em seu trabalho sobre A Etnofísica da Cerâmica Caeteuara da Vila “Cuéra” em Bragança (PA), que se utilizando do programa denominado Etnomatemática, “é possível estabelecer relações dos saberes-fazeres de cada comunidade com conteúdos estudados na ciência Matemática, porém, mesmo tendo em seu nome o eixo da matemática, sua essência é a análise de diversas formas do conhecimento”.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desta pesquisa foi investigar como os agricultores realizavam suas experiências matemáticas (que julgamos ser correlativa do saber sistematizado, ao saber acadêmico, acerca da Matemática) em relação à Cubação de Terra?

Verificamos, através dos resultados desta pesquisa, que, independentemente do grau de escolaridade, da origem e da atividade realizada, os trabalhadores utilizam fórmulas específicas das diversas culturas para fins de cubação de terra, plantio e planejamento orçamentário. O uso da Matemática para fins de medidas de terreno na Comunidade São Francisco das Chagas é feito com base nas medidas não convencionais que são: tarefa, braça, quadro, as quais são unidades de medidas compartilhadas pelos outros moradores da comunidade.

Convém ressaltarmos, mais uma vez, os conceitos: o “quadro é uma medida de área, sendo definido como um quadradinho com uma “braça” de cada lado. A “tarefa” é uma área quadrada de 30 braças de cada lado, que equivale a 900 quadros ou 4.356 metros quadrados. Geralmente, o terreno é medido tarefa por tarefa, antes do trabalhador iniciar o plantio ou contratar um serviço de capina, que significa retirar o mato excedente.

Nesse contexto, percebemos que os métodos e as unidades de medidas utilizadas pelos integrantes da pesquisa representam modos distintos para transformar figuras com áreas irregulares em conhecidas e realizarem a cubação da terra. Nos

dois métodos identificados durante a pesquisa, quais sejam, transformação da área a ser cubada em um retângulo e em um quadrado, constatamos que ambas as técnicas desconsideraram qualquer tipo de angulação interna entre dois lados consecutivos do terreno e transfiguraram esses ângulos quaisquer em ângulos retos.

Esses métodos, invariavelmente, geram diferenças no resultado final da área a ser cubada. No entanto, verificamos que a forma deubar a terra depende do tipo de levantamento da área a ser cubada e de precisão necessária, pois existem trabalhos que requerem exatidão nas medições. Contudo, para as atividades de plantio e comercialização de seus produtos, as diferenças observadas entre as técnicas de cubação da terra empregadas, podem ser consideradas irrelevantes dentro da agricultura familiar.

Essa “irrelevância” entre os valores obtidos durante a cubação da terra, não significa que os resultados estejam errados, mas que os arranjos e as formas de trabalho entre os agricultores familiares têm reflexos em suas práticas de cubação de terra.

Como constatamos durante a pesquisa, citamos a flexibilidade que eles possuem para transitar, ao encontro, de medidas mais conhecidas através da determinação de equivalências entre as medidas de sua cultura e medidas do sistema métrico decimal, como percebemos na fala do senhor Aloísio:

“O metro eu sei. 50 metros são 25 braças. Então uma braça é igual a 2 metros. Por exemplo tu vais fazer uma caieira de carvão, você corta 4 metros de lenha e bota na caieira de carvão, ela dá 16 sacos de carvão.”

Esse fato nos leva a concluir que a “mistura” de unidades de medida numa mesma prática social, em particular naquelas em que estão envolvidos os saberes matemáticos utilizadas na cubação de terra e nas demais atividades cotidianas, reforça um dos argumentos da Etnomatemática, quando afirma que a Matemática acadêmica é somente uma das formas de produção do conhecimento matemático.

Percebemos também, que o processo do fluxo migratório ocorrido durante a década de 1970, com a abertura da rodovia Transamazônica, contribuiu de maneira significativa para o “modus” de cálculo de cubação de terra nesta região. Muitos desses migrantes são oriundos do nordeste brasileiro e trouxeram consigo as mesmas técnicas usadas em suas cidades de origem para a região da Transamazônica.

A partir das falas dos entrevistados percebemos que esses saberes, desde o início da abertura da rodovia Transamazônica até hoje, foram repassados de geração

em geração, com apenas algumas modificações em termos de valores de referência para as medidas, mantendo os quadros de referência tanto cognitiva quanto no processo de construção de aprendizagem e saberes.

Isto reforça uma das dimensões, qual seja, o processo pedagógico, que sustentamos em nossa pesquisa, dinamizado nas atividades de cubação de terra, plantio e colheita, pois ele se configura como um princípio educativo, vinculado ao trabalho, porque, à medida que o agricultor assume o ofício como prática profissional, também assume a cultura desse ofício na construção de suas relações sociais cotidianas.

Essas relações sociais são importantes na medida em que, na comunidade, embora a maioria das tarefas diárias sejam realizadas dentro de seu próprio núcleo familiar, muitas vezes faz-se necessário a ajuda de pessoas da comunidade, mas que não pertencem ao núcleo familiar, em atividades que demandam uma mão de obra considerável, por exemplo no processo de derrubada da mata para o plantio.

Durante a pesquisa percebemos que esses saberes matemáticos estão restritos ao ambiente do trabalho dos agricultores e ao ambiente não escolar. Embora, efetivamente, não tenhamos realizado nenhuma atividade nos ambientes escolares, nas entrevistas notamos que esses saberes não foram e não são “mostrados” nas escolas do município.

Considerando o contexto sociocultural da Transamazônica, demarcado pelo processo de ocupação que ocorreu nas décadas de 1970 a 1990 pelas famílias migrantes, as quais vieram incentivadas pelo projeto governamental ou de forma espontânea, mas, com o mesmo objetivo que seria a posse de terra para produção e reprodução familiar, deve-se levar em conta a diversidade de saberes e práticas socioculturais que se abrigaram nessa região resultante do processo de interculturação entre as famílias migrantes advindas de diversos estados brasileiros, especialmente das regiões Sul e Nordeste.

Portanto, a construção dos saberes e das práticas laborais e culturais dos trabalhadores rurais, vinculados à esfera do trabalho na agricultura familiar, na comunidade São Francisco das Chagas, município de Brasil Novo-Pa, constitui-se de um conjunto de relações sociais e históricas que estão para além dos saberes necessários para o trabalho; pois, são saberes que produzem processos educativos e formas de organização que permitem formação para o exercício profissional da agricultura familiar.

Como proposta de aprofundamento da pesquisa, sugerimos investigar de que modo poderemos trabalhar esses saberes matemáticos utilizados nas práticas agrícolas de cubação de terra em ambientes escolares, a fim de estabelecermos uma conexão entre os conceitos da Geometria Euclidiana e esses saberes.

REFERÊNCIAS

ALVES-MAZZOTTI, Alda Judit. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais**. Pesquisa quantitativa e qualitativa. 2.ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

ALVES-MAZZOTTI, Alda Judith; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais**. Pesquisa quantitativa e qualitativa. São Paulo: Pioneira, 1998.

ARROYO, M. G. **Educação Básica para os povos do Campo?** In Educação Básica de Nível Médio nas áreas de Reforma Agrária. Textos de Estudo. Boletim da Educação, n. 11. MST/ ITERRA, RS, 2006.

BRASIL. CADERNOS SECAD 2. **Educação do Campo: diferenças mudando Paradigmas**. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade. Brasília, 2007

BRASIL. Censo Agropecuário 2017: Resultados preliminares. 2017. Disponível em: < <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/> >. Acesso em: 18 jul. 2019.

D'AMBRÓSIO, Ubiratan. **Da realidade a ação: reflexões sobre a educação e matemática**.. 5ª ed. São Paulo: Summus editorial, 1986.

_____. **Educação Matemática: Da Teoria à Prática**- 10ª ed. Campinas: Papirus, 2003.

FREIRE, Paulo. **Conscientização: Teoria e prática da libertação** – uma introdução ao pensamento de Paulo Freire. 4ª. ed. São Paulo: Moraes, 1980.

GRZYBOWSKI, Cândido. **Esboço de uma alternativa para pensar a educação no meio rural**. Contexto e educação, n. 4, p. 47-59, out./dez. 1986.

KNIJNIK, Gelsa. **Etnomatemática e educação no Movimento dos Sem Terra**. In: SILVA, Luiz Heron da (Org). A escola Cidadã no Contexto da Globalização. Petrópolis: Vozes, 1999.

ROCHA, Carla Giovanna Souza. **A Questão Ambiental e Mudanças nas Práticas de Gestão do Meio Natural pelos Agricultores Familiares do Sudoeste do Pará**. In: Encontro Nacional da Anppas, VI, Belém: 2012.

RODRIGUES, Doriedson do Socorro. **Saberes sociais e luta de classe: um estudo a partir da colônia de pescadores artesanais Z-16 – Cametá/Pará**. Tese de Doutorado em Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação, Belém/UFPA, 2012.

ROSARIO, Samuel A. S. **A relação entre fenômenos físicos e os saberes-fazer sobre a cerâmica e o estaleiro naval da comunidade “vila cuéra” no município de**

Bragança-PA: uma perspectiva etnofísica. In: II Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências. Anais. Campina Grande: 2017.

SILVA, Maria Ivonete Coutinho da. **Mulheres migrantes na Transamazônica:** construção da ocupação e do fazer política. Tese de Doutorado em Ciências Sociais. Belém: Programa de Pós-Graduação em Ciências Sociais/UFPA, 2008.

SKOVSMOSE, O. **Educação Crítica: Incertezas, matemática, responsabilidade;** tradução de Maria aparecida Viggiani Bicudo- São Paulo: Cortez, 2007.

SOUZA, César Martins de. **Ditadura, grandes projetos e colonização no cotidiano da Transamazônica.** [REVISTA DOSSIÊ 2014: 50 ANOS DEPOIS, A CULTURA AUTORITÁRIA EM QUESTÃO], Ano 4, Nr 5/ 2014, Vol.1 ISSN [2236-4846]

_____. **A estrada invisível: memórias da Transamazônica.** Tese de Doutorado em História. Niterói: Programa de Pós-Graduação em História/UFF, 2012.

Texto revisado por: Ábia Costa Camacho (revisora de textos e copidesque).





CAPÍTULO 10

A ROBÓTICA EDUCACIONAL COMO FERRAMENTA METODOLÓGICA NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM ITERDISCIPLINAR

*EDUCATIONAL ROBOTICS AS A METHODOLOGICAL
TOOL IN THE ITERDISCIPLINARY TEACHING-LEARNING
PROCESS*

Elissando Rocha da Silva

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.10

RESUMO

Atualmente, a tecnologia tem se tornado uma aliada das instituições de ensino. A Robótica Educacional pode proporcionar benefícios ao processo de ensino interdisciplinar, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades e a criação dos projetos, assim, os alunos se tornam ativos na construção do seu conhecimento. Neste capítulo, apresentamos um experimento com a finalidade de facilitar o ensino-aprendizagem e a inserção de tecnologias no ambiente escolar, utilizando a Arduino IDE, que é uma plataforma open source, e pode integrar hardware e software de maneira fácil, permitindo aos alunos com pouco conhecimento na área desenvolver suas habilidades e aprendizado de forma simples, aprendendo a eletrônica básica e programação. Espera-se oportunizar aos discentes as vantagens pedagógicas do uso da robótica, contribuindo para desenvolvimento crítico-reflexivo e respeito à inclusão digital na escola, rompendo as barreiras de um cenário tradicional, apresentando e transformando a tecnologia em possibilidades e realizações educacionais. Dessa forma, conclui-se que a Robótica Educacional aplicada em ambientes educacionais onde se pode montar e desmontar um robô, nas quais situações de aprendizagem podem ser criadas com dispositivos robóticos integrados a outros recursos digitais. Também, é uma forma de viabilizar o conhecimento científico-tecnológico dos alunos e, ao mesmo tempo estimular a criatividade, o pensamento crítico e a experimentação.

Palavras-chave: experimentação, Interdisciplinaridade, Ensino, Robótica.

ABSTRACT

Currently, technology has become an ally of educational institutions. Educational Robotics can provide benefits to the interdisciplinary teaching process, contributing to the development of skills and the creation of projects, thus, students become active in the construction of their knowledge. In this chapter, we present an experiment in order to facilitate teaching-learning and the insertion of technologies in the school environment, using the Arduino IDE, which is an open source platform, and can easily integrate hardware and software, allowing students with little knowledge in the area to develop your skills and learning from a simple way, learning basic electronics and programming. It is expected to provide students with the pedagogical advantages of the use of robotics, contributing to critical-reflective development and respect for digital inclusion at school, breaking the barriers of a traditional scenario, presenting and transforming technology into educational possibilities and achievements. In this way, it is concluded that Educational Robotics is applied in educational environments where you can assemble and disassemble

a robot, in which learning situations can be created with robotic devices integrated with other digital resources. In addition, it is a way to enable students' scientific-technological knowledge and, at the same time, stimulate creativity, critical thinking and experimentation.

Keywords: Experimentation, Interdisciplinary, Teaching, Robotics.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o ensino encontra-se em processo de reformulação, conforme as novas concepções para a Educação Básica propostas pela legislação vigente PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais), BNCC (Base Nacional Comum Curricular) e Lei Nº 13.415 de 16/02/2017), são grandes dificuldades em implementar as alterações norteadas por ela (BRASIL, 2000; 2017; 2028). Atualmente, um dos desafios é correlacionar os conteúdos ensinados em sala de aula e a tecnologia vivenciada no cotidiano.

Várias ferramentas tecnológicas estão disponíveis para as escolas adaptarem-se ao mundo moderno e incorporarem novos métodos de ensino que possam melhorar o processo de ensino aprendizagem e a prática da interdisciplinaridade. Uma das ferramentas em destaque é a robótica educacional que desperta o interesse de estudados, uma vez que eles mesmos podem definir a estrutura física e o programa lógico do robô para competir com seus colegas em diferentes tipos de atividades.

A robótica educacional é uma ferramenta que agrega conhecimentos de diversas disciplinas, tais como Física, Informática, Matemática, dentre outras (SCHONS et. al, 2010). A utilização da robótica como instrumento de ensino aprendizagem permite aos estudantes desenvolverem a capacidade de elaborar hipóteses, investigar soluções, estabelecer relações, tirar conclusões, entre outras (BENITTI et. al, 2009).

Atualmente, para realização de atividades de robótica, utilizam-se kits robóticos comerciais, que permite realizar diferentes tipos de experimentos (BENITTI et. al, 2009), mas o custo ainda é elevado para escolas públicas, privando-as de oferecer tais possibilidades aos discentes. Existem kits acessíveis, mas possuem funcionalidades limitadas, como os kits da Lego (LEGO, 2020). Infelizmente a grande maioria desses kits possui arquitetura fechada, limitação de expansão ou alterações futuras e falta de suporte técnico, inviabilizando seu uso em escolas públicas.

O custo de tal ferramenta apresenta-se relativamente elevado e pode gerar impacto econômico quando se deseja expandi-lo para todas as escolas. Como exemplo,

pode-se citar o projeto de robótica educacional da rede municipal da cidade de João Pessoa, no estado da Paraíba, que investiu R\$ 2.635.700,00 na aquisição de 607 kits e 25 mil apostilas, alcançando cerca de 50 escolas municipais (JOÃO PESSOA, 2010).

Percebe-se que há interesse dos governantes em utilizar tais ferramentas para acrescentar nas metodologias de ensino, no entanto, os custos se apresentam elevados quando se deseja alcançar uma parcela significativa dos estudantes.

Diante do exposto, uma alternativa ao custo elevado para implantação da robótica educacional, na educação básica, é o desenvolvimento de robôs de baixo custo para tal aplicação. Através de conhecimento de programação, impressão 3D, eletrônica e um pouco de mecânica podem-se desenvolver estruturas robóticas baseadas em controladores programáveis, além de sensores e atuadores similares aos de kits comerciais, com custos relativamente menores.

Neste capítulo, analisaremos de forma concreta e sustentável a aplicação de noções de Informática, Lógica, Matemática, Engenharia, Física, dentre outros conceitos, na educação por intermédio da robótica educacional. O resultado desta integração é de grande importância, na qual cria condições para a exploração de novas abordagens para a consolidação de uma aprendizagem significativa.

A robótica educacional vai além da montagem e programação de robôs. Ela proporciona um aprendizado prático que desenvolve a capacidade de pensar e encontrar soluções aos desafios propostos. O robô Otto é de código aberto, compatível com Arduino e imprimível em 3D. Usando a porta USB do seu computador, ele pode ser facilmente programado a partir de qualquer computador para caminhar, dançar, cantar e evitar obstáculos. Dentre as habilidades, pode-se citar: expressar ideias, comunicação, ideação, interação, autoconfiança, foco, concentração, perseverança, criatividade, raciocínio, solução de problemas, pensamento sequencial, programação, entre outras.

Para o ensino médio, existem alguns projetos no sentido de relacionar tecnologia e disciplinas, geralmente, através de um software, tornando-se uma aplicação prática. Tal sistema é motivador e de grande auxílio no processo de ensino e aprendizagem (PEREIRA, 2010).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 História da Robótica na Indústria

Os primeiros robôs fabricados para industrialização surgiram na década de 1950. Joseph F. Engelberger, engenheiro e empresário considerado o “pai da robótica”, foi o primeiro a construir tal robô, chamado Unimate. Este robô foi vendido para General Motors, passando a trabalhar na linha de montagem em Nova Jersey, em 1961. Alguns textos creditam a criação do Unimate também ao inventor George Devol, expondo que este e Joseph F. Engelberger trabalharam em conjunto na estruturação do primeiro robô fabril (AZEVEDO, et al., 2010).

A partir de então, dissemina-se a robótica industrial como mecanismo capaz de proporcionar as indústrias o aumento da produtividade e melhorar a qualidade dos produtos, possibilitando a redução de custos com o operariado. Ao mesmo tempo em que a robótica beneficia as empresas diminuindo gastos e agilizando processos, ela gera desemprego pela substituição do trabalho humano por máquinas (SILVA, 2010).

Os robôs são ferramentas utilizadas para preservar o ser humano, como robôs bombeiros, submarinos, cirurgias, entre outros tipos. Neste caso, o robô pode auxiliar profissionais na resolução de atividades específicas, preservando a vida. Assim, é possível observar que na robótica há variados tipos de robôs, com complexidades e utilidades distintas.

2.2 Aplicações da Robótica

Em filmes são apresentados os robôs que possuem inteligência própria e agem tomando decisões, geralmente são humanoides. Os robôs mais sofisticados que existem hoje conseguem caminhar, subir escadas e até abrir portas (ANGELO, 2007). Os robôs são reprogramáveis, projetados para atuar como manipuladores, fazendo movimentando peças e materiais. Também, podem ter diferentes ferramentas adaptadas à sua extremidade, permitindo fazerem soldagem, pintura, furação, corte, polimento, entre outras funções.

Existem robôs industriais, geralmente, grandes e executam trabalhos que seriam difíceis ou perigosos para o homem realizar. Estes robôs substituem os seres humanos em tarefas que envolvem condições desagradáveis, tipicamente contendo altos níveis de calor, ruído, gases tóxicos, produtos químicos ou esforço físico extremo (ROMANO, 2002).

Também, podemos usar robôs para interagir com o ser humano, ou para estudar o comportamento social do homem ou de animais. Alguns desses robôs são dispositivos que meramente reproduzem a aparência física do animal, outros reproduzem seu comportamento através de mecanismos de inteligência artificial, e alguns tentam simular tanto a aparência e o comportamento do ser estudado, mas estes últimos ainda são em menor número devido à complexidade de trabalho envolvido no desenvolvimento de tais robôs. Outros ainda são entidades somente de software que existem em ambientes virtuais em aplicações com, por exemplo, a simulação organizacional (OLIVEIRA, 2019).

Uma recente aplicação da robótica é a melhoria artificial do ser humano através de dispositivos denominados de exoesqueletos. Estes dispositivos são “vestidos” por uma pessoa que pode passar a aparentar força e velocidade sobre-humanas, devido a potência dos motores e outros elementos como molas em sua estrutura. Outro ramo da robótica é a nano robótica, isto é, robôs construídos na escala dos nanômetros. Como exemplos de uso desses robôs temos os estudos atuais que estão sendo feitos para desenvolver nano robôs que possam entrar na corrente sanguínea das pessoas e eliminar vírus que seu sistema imunológico e as drogas não conseguem combater, ou ainda para realização de cirurgias.

2.3 Robótica Educacional

Freire (1996) defende uma educação pautada na apreensão da realidade, de forma que o educando a apreenda de forma a utilizar seu senso de criticismo. Para o autor, ensinar não é apenas a transmissão de conhecimento, mas a criação de possibilidades para produção ou construção do mesmo. Quando o docente entra em uma sala de aula deve estar sendo um ser aberto a indagações, à curiosidade, às perguntas dos alunos, a suas inibições; um ser crítico, inquieto em face a tarefa que tenho – a de ensinar e não apenas transferir conhecimento.

Neste sentido, forma-se uma visão de ensino aprendizagem pautada no uso inteligente das tecnologias, tendo o sujeito um papel destacado, que sublinham o caráter construtivo do conhecimento. No campo educativo, esta mudança de perspectiva contribuiu para expor o inadequado de alguns métodos de ensino essencialmente expositivos que concebem o professor e o aluno como simples transmissor e receptor de conhecimentos (COLL, 1994). As novas tecnologias são formas de potencializar o ensino aprendizagem, buscando em suas possibilidades pedagógicas um ensino dinâmico, inquiridor, no qual os alunos estejam motivados a buscar por conta própria as respostas dos seus questionamentos.

A Robótica Educacional permite aplicações didática de diversas as disciplinas que são vistas na educação através de práticas laboratoriais, proporcionando assim, a interdisciplinaridade. Como consequência, há uma melhoria no processo de ensino aprendizagem, unindo teoria à prática.

Nesse contexto, a Robótica Educacional se apresenta como uma ferramenta tecnológica para ser utilizada em sala de aula de forma a auxiliar o professor em sua prática pedagógica. Tal tecnologia, inovadora no âmbito da educação vem se destacando e contribuindo para o processo de ensino aprendizagem. Contribuições estas que divergem da concepção tradicional de ensino. No ambiente da robótica educativa o aluno é constantemente desafiado a pensar e sistematizar suas ideias, testando suas hipóteses em busca da efetivação da atividade que está sendo desenvolvida, com isso, há um estímulo ao pensamento investigativo e ao raciocínio-lógico do aluno, o que denota a não passividade do mesmo diante da construção de um dado conhecimento (AZEVEDO, et al., 2010).

Contudo, a tecnologia, sem uma mediação pedagógica adequada à realidade de cada contexto educacional, poderá gerar resultados pouco significativos quando se leva em consideração uma formação crítica e inquiridora dos meios digitais e mídias em geral. Uma formação social capaz de dar voz e vez ao sujeito, acarretando transformações em sua relação consigo e seu entorno, de forma a lhe garantir a ampliação do ser cidadão.

2.3.1 Histórico da Robótica Educacional

A história da robótica educacional começou com o aparecimento dos computadores no âmbito escolar. Estes surgem nos anos 70, inicialmente nos Estados Unidos e só na década de 80 começam a ser inseridos no Brasil. As primeiras experiências com o computador nas instituições educacionais objetivavam a realização de atividades de programação, desta forma abria-se novas oportunidades pedagógicas (PAPERT, 2008). Com as primeiras experiências com o computador, iniciou-se as discussões sobre como e porque usar computadores. Os teóricos estavam preocupados com as consequências originadas pela introdução das máquinas nas escolas.

Papert (1985, 2008), afirma que os computadores são portadores de inúmeras ideias e de sementes de mudança cultural, capazes de auxiliar na formação de novas relações com o conhecimento. Com o advento dos computadores na educação há inúmeras possibilidades no ensino, ganha-se novos entornos, como a criação de um mundo abstrato de simbólico que permite testar ideias e hipóteses, além de proporcionar diferentes formas de interação entre pessoas e máquinas. No entanto,

Oliveira (2006), alerta o fato do computador também oferecer situações adversas provocadas pelos perigos de uma informatização excessiva da educação, acarretando efeitos negativos em seu uso, bem como uma maior ênfase nas desigualdades econômicas e sociais existentes entre os alunos, prevendo que estas poderão ser acentuadas.

A Robótica Educacional é bastante difundida em alguns países. Holanda e a Alemanha, por exemplo, possuem ensino de robótica em 100% das escolas públicas. Inglaterra, Itália, Espanha, Canadá e Estados Unidos caminham na mesma direção. Alguns países da América Latina já adotam suas primeiras estratégias de abrangência nacional. É o caso, por exemplo, do México e do Peru, que no ano de 2008 alcançaram a marca de mais de 3.000 escolas públicas com aula de robótica (QUINTANILHA, 2008; OLIVEIRA, et al., 2016).

No Brasil, a robótica ainda não possui políticas públicas de abrangência nacional, com poucas experiências que envolvem a robótica na educação. Ribeiro (2006), ao fazer um estudo sobre a utilização da robótica no contexto da educação básica brasileira expõe alguns motivos que podem levar tal tecnologia a não abranger todas as modalidades de ensino. Ele afirma que a robótica pedagógica não tem progredido de forma homogênea, tratando-se ainda de casos isolados e não de uma estratégia sistemática de adoção de uma nova ferramenta e sua inclusão nos currículos dos diversos níveis de ensino.

Dentre os fatos que podem contribuir para o não emprego da robótica nas escolas públicas, pode-se citar: a falta de formação dos professores, custo dos materiais, à inexistência de materiais pedagógicos desenvolvidos que possam ser trabalhados por professores e alunos na sala de aula. Outra justificativa para as questões mencionadas se deve a prematuridade da tecnologia em questão e sua inserção nas esferas educacionais.

Dessa forma, os principais projetos de robótica pedagógica são iniciativas isoladas de universidades, prefeituras ou estabelecimentos particulares (QUINTANILHA, 2008). E nestes estabelecimentos são utilizados kits padronizados, com hardware, software e materiais didáticos proprietários ou materiais de sucata.

No ano de 2008, o MEC (Ministério da Educação e Cultura - Brasil) ensaia os primeiros passos para a divulgação do uso e benefícios da robótica pedagógica para o contexto escolar. Por meio do Guia das Tecnologias Educacionais (GTE), que tem como objetivo selecionar e pré-qualificar tecnologias educacionais com vistas a promover a melhoria da qualidade da educação básica (FERNANDO, 2008).

O GTE tem a finalidade de orientar gestores e professores na hora de escolher tecnologias capazes de melhorar a qualidade do ensino e do aprendizado no ensino básico. Segundo o guia do ano de 2008, encontramos dois projetos envolvendo a robótica. Um deles, o Brink Robótica. Consistiu-se em um laboratório robótica educacional que fabrica kits de robótica próprios, produzidos para cada nível escolar e de acordo com a faixa etária do usuário, possui um material específico para auxílio na montagem dos protótipos de acordo com os PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais), com sugestões de atividades e orientações para estudantes e professores (FERNANDO, 2008).

Outra experiência, recomendada pelo GTE é o Projeto de Alfabetização Tecnológica, no qual fundamenta-se no uso da robótica para desenvolver um programa de formação pautado na exploração conceitual de conteúdos curriculares de diversas áreas. O projeto privilegia o uso do laboratório de informática, mas também prevê a realização de atividades em ambientes ao ar livre, bem como a busca de materiais para o kit de robótica em ambientes fora da escola (FERNANDO, 2008).

2.4 Robô Otto Humanoide

O Robô Otto Humanoide, enquadra-se na categoria Robótica Educacional, proporcionando um ambiente de aprendizagem onde o professor ensina ao estudante a montagem de dispositivos mecânicos, que podem ser controlados automaticamente pelo computador. Este robô é um produto tecnológico com finalidade educativa e deve ser utilizado para potencializar um ambiente que incentiva e inicializa a programação na Educação Básica. Para funcionar, o Otto opera com uma bateria que pode ser interna ou externa.

Em síntese, trabalhando com o Otto, é possível desenvolver: autonomia, criatividade e imaginação, tomada de decisão, cooperação, organização do tempo e do espaço, seleção de materiais, análise, rapidez, coordenação de ações, trabalho em equipe e socialização, atividades relacionadas com conteúdo curriculares e temas transversais, e diferentes habilidades: relacionar, enumerar, registrar, resolver, solucionar, dentre outras. A utilização do Otto é proposta para grupos de 3 ou 4 alunos para a elaboração de projetos.

3 METODOLOGIA

Inicialmente, serão montados kits de Robótica Educacional, compostos por: Arduino nano, placa shield de expansão, 04 (quatro) servo motor, cabo USB, Buzzer Ativo 5 Volts, Jumper fêmea/fêmea 10 cm (06 unidades) e kit 3D (peças de plásticos impressas em impressora 3D), e utilizadas na montagem para robôs.

Em seguida, deverão ser ministradas aulas teóricas sobre Arduino, nas quais, serão introduzidos os comandos básicos e as principais funções da linguagem de programação, e assim os próprios alunos conseguiram desenvolver aplicações para o robô utilizando o ambiente da plataforma Arduino IDE.

A metodologia a ser utilizada deve adequar-se ao nível dos alunos, ser adaptada a eles, e não o contrário. Para isso, podem ser utilizadas outras ferramentas que não sejam baseadas no desenvolvimento através de linguagens de programação, como é o caso do Otto Blockly, que é um ambiente de desenvolvimento voltado para a programação através de blocos. Este ambiente, ao contrário da plataforma Arduino, não utiliza código para o desenvolvimento de suas aplicações, utiliza blocos com rotinas pré-definidas, em que cada programa pode ser construído através de uma interface baseada em arrastar e montar, o que a torna bastante acessível aos alunos que não tem conhecimento de programação.

A metodologia de desenvolvimento do Robô Otto Humanoide foi dividida em três etapas: a primeira será dedicada à aquisição do modelo de robô e dos seus componentes (estrutura mecânica, controlador, sensores, atuadores, etc.). A estrutura física (carcaça) do robô poderá ser obtida por meio de impressão 3D. No processo de impressão 3D poderão ser utilizados filamentos PLA (Ácido Polilático) que é um polímero constituído por moléculas de ácido láctico, um ácido orgânico de origem biológica, que é obtido a partir de recursos renováveis, tais como milho, cana de açúcar e beterraba. Na Figura 1 é mostrado as peças do kit 3D do robô, o material, no qual são produzidas e a impressora 3D.

Figura 1 - Impressora 3D, filamento e peças do kit 3D do robô.



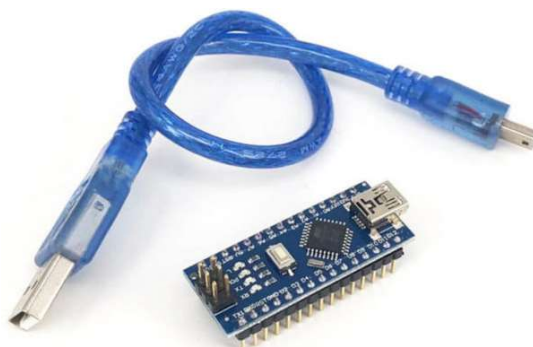
Fonte: Elaborada pelo autor.

Ainda na primeira etapa será realizado um estudo sobre conceitos de mecânica, eletrônica e programação para fundamentar o desenvolvimento do robô. Esse

estudo terá grande importância no decorrer do projeto, pois nele se baseará todo o processo do projeto de construção do robô.

O controlador que será utilizado para o robô será o Arduino Nano, e tal como o software, tem arquitetura aberta, flexível e é uma das plataformas de menor custo no mercado. No controlador estão ligados os componentes do robô, como os sensores e atuadores. A Figura 2 apresenta o controlador.

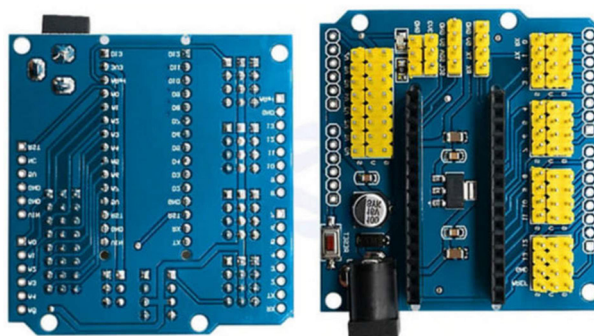
Figura 2 - Arduino nano e cabo USB.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para facilitar a ligação do Arduino Nano com outros componentes como sensores e módulos, por meio de jumpers, sem a necessidade de soldas, será utilizada uma Shield de Expansão para Arduino Nano. A placa Shield utilizada é apresentada na Figura 3.

Figura 3 - Shield de Expansão para Arduino Nano V3.0.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O movimento do robô será realizado por meio dos servos motor SG90, que é um dispositivo eletromecânico utilizado para movimentar, com precisão, um objeto, permitindo-o girar em ângulos ou distâncias específicas. Este servo motor é muito utilizado em projetos de robótica com Arduino, PIC, Raspberry e entre outros. A Figura a seguir é mostrado o micro servo 9g SG90.

Figura 4 - Micro servo SG90.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O sensor utilizado no projeto será o Sensor Ultrassônico HC-SR04, que é utilizado para detectar a distância de obstáculos. Este sensor tem a função de detectar e medir a distância da posição de determinado objeto através da emissão de pulsos de sinal ultrassônico. Para tanto, quando solicitado, um pulso ultrassônico é transmitido pelo sensor, e quando refletido por um objeto, retorna um sinal ultrassônico, chamado eco, que é convertido em um sinal elétrico, através do controlador do sensor. A Figura 5 apresenta o sensor de ultrassom.

Figura 5 - Sensor Distância Ultrassônico HC-SR04.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O robô poderá fazer sons através do Buzzer, que é um componente de geração de ruídos sonoros a partir da excitação elétrica de componentes eletromecânicos ou piezoelétricos. As principais aplicações do Buzzer são alarmes, campanhas, despertadores, brinquedos e sistemas automatizados. A Figura 6 ilustra o componente eletrônico Buzzer.

Figura 6 - Buzzer.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Diversos recursos e sensores adicionados vão consumir uma determinada quantidade de energia. Isto deve ser observado tendo em vista que o robô deve ter uma autonomia suficiente para que seja possível realizar atividades mais longas. O emprego de baterias de lítio como alimentação podem aumentar significativamente a autonomia do robô. A Figura a seguir mostra pilhas de alimentação e o suporte utilizados.

Figura 7 - Fonte de alimentação do robô e o suporte.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Para conectar o buzzer e o sensor ultrassônico na Shield de Expansão é preciso usar jumper, que é um pequeno condutor utilizado para conectar dois pontos de um circuito eletrônico. Para a montagem do robô serão utilizados jumper tipo fêmea/fêmea, 6 unidades de 10 cm. A Figura 8 mostra jumper utilizados na montagem do robô.

Figura 8 - Jumper utilizados na montagem do robô Otto Humanoide.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A segunda etapa consistirá na montagem mecânica do robô, desenvolvimento do software e dos testes de integração. Essa etapa será subdividida em duas partes, sendo a primeira dedicada à montagem da estrutura física (carcaça) do robô e a segunda ao acoplamento dos componentes como controlador, sensores e atuadores. Na Figura 9 é mostrado o Robô Otto Humanoide.

Figura 9 - Robô Otto: esquerda a versão feminina e a direita a versão masculina.



Fonte: Elaborada pelo autor

Após a montagem do robô, insere-se a programação, na qual o usuário, poderá determinar que o robô realize tarefas, como andar, dançar, desviar de obstáculos, fazer sons, dentre outras tarefas.

Para programar o robô poderá utilizado software arduino para interação usuário/robô. O Arduino foi escolhido por possuir uma interface simples e de fácil programação, além de ser uma ferramenta gratuita e com bastante suporte, tanto para os que estão iniciando como também para aqueles que já têm certa experiência. Esse ambiente de desenvolvimento utiliza uma linguagem baseada em linha de código, que tem sintaxe semelhante à linguagem C e possui tutoriais à respeito de suas funcionalidades.

Com a estrutura física e os seus componentes já definidos e devidamente montados, iniciara-se o desenvolvimento do software. Poderá ser desenvolvido várias aplicações para o robô, entre elas destacam-se:

- » Software para desvio de obstáculos: esse programa utiliza o sensor de ultrassom e os atuadores para realizar seu objetivo. A função desse programa é permitir a locomoção independente do robô sem que este tenha seu percurso paralisado por obstáculos. Assim, será desenvolvido um algoritmo que permite ao robô ao encontrar um obstáculo, ime-

diatamente alterar sua rota, desviando-se do mesmo;

- » Após programar o robô será realizado testes de integração, com o objetivo de refinar e melhorar as rotinas de programação do robô com o intuito de manter a facilidade de programação e interação com o mesmo.

A terceira etapa será dedicada ao desenvolvimento e aplicação de atividades com alunos. Poderá ser propostas atividades com o intuito de avaliar capacidades, interesse e aprendizado, através de testes e questionários de questões objetivas e subjetivas. Onde buscara-se trabalhar o ensino colaborativo, a criatividade, o trabalho em equipe, a autonomia e a responsabilidade dos estudantes, além dos trabalhos com conteúdo da robótica, eletricidade, conceitos de energia, etc.

Tal metodologia busca o incentivo ao ensino colaborativo, à tomada de decisão, trabalho em grupo, ajuda mútua e a motivação junto aos alunos, uma vez que será uma metodologia voltada a Robótica Educacional. A postura teórica em relação aos aspectos educacionais pauta-se em uma constatare reconstrução de experiência, de forma a dar-lhe cada vez mais sentido e a habilidade as novas gerações e responder aos desafios da sociedade.

Esta metodologia tem o propósito de ensinar robótica, linguagem de programação, lógica de algoritmos e informática e, também, ser usada em temas transversais (Biologia, Física, Química, Matemática, etc). A partir dessa metodologia é possível realizar uma montagem guiada de robôes através da seleção dos seus principais componentes enquanto os alunos encaixam no robô as peças correspondentes ao que estão escolhendo no sistema. Esta montagem guiada deve permitir que o aluno descreva as principais partes de seu robô, através da seleção do modelo, atuadores, sensores e ações que o robô.

4 RESULTADOS ESPERADOS E AVANÇOS

Espera-se que o uso da robótica na educação constituirá em uma forma de promoção da interdisciplinaridade, do trabalho colaborativo e cooperativo envolvendo autonomia e liberdade dos alunos em elaborar os seus próprios conhecimentos.

Quando é possibilitado ao aluno ver na prática o resultado de seu esforço, isso tem influências positivas sobre o aprendizado e até mesmo sobre fatores psicológicos do aluno, como autoconfiança e motivação. Ao final do curso de extensão os alunos responderão a um questionário de avaliação do método de multidisciplinaridade utilizando a robótica como ferramenta auxiliar de ensino. Os alunos avaliaram o aprendizado teórico e prático durante o período do curso. A ideia fundamental é

que o robô e o projeto que envolve a sua utilização sejam aproveitados pelos discentes da educação básica, se adequando a cada uma dessas etapas do ensino.

Quanto às atividades que podem ser desenvolvidas tendo o robô como ferramenta auxiliar, elas devem ser planejadas, modeladas e aplicadas de acordo com a etapa do ensino que esteja em foco, para que não venham causar impactos quanto ao nível de aprendizado dos alunos, e assim, melhores resultados possam ser obtidos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Robótica Educacional oferece ao aluno um ambiente onde o mesmo pode manusear, criar, programar por si mesmo e, desenvolver o raciocínio lógico importante nas diversas áreas do conhecimento. A cada nova hipótese formulada na tentativa de solucionar o problema, o aluno torna-se agente de seu próprio conhecimento e constrói, por si só, o processo de aprendizagem.

Baseado em situações-problemas por ele mesmo criado, a partir da interação com a realidade que se lhe apresenta, buscará a solução e poderá avaliar, de imediato, se sua ação foi correta diante da reflexão que a levou a tal e com isso aprende a aprender. Seu raciocínio lógico reflexivo tornar-se-á tão mais eficaz quanto mais o desenvolver.

É possível que através do uso da Robótica Educacional se possa oportunizar uma abrangência maior de possibilidades do desenvolvimento dessas inteligências e principalmente uma nova realidade onde o aluno é o centro do processo e aplica sua imaginação criadora interferindo no meio, busca-se então uma análise de que forma a tecnologia pode contribuir no desenvolvimento dos talentos criativos.

A Robótica Educacional estimula o pensar, o agir e o refletir sobre ações cotidianas, elaborando exemplos práticos como solução. Ou seja, a robótica não precisa ser uma disciplina isolada (atividade fim) ou um “cursinho”, ela pode ser usada pelo professor de qualquer disciplina como ferramenta (atividade meio) para beneficiar o processo de ensino aprendizagem e a construção do conhecimento do aluno.

Um ambiente de aprendizagem em que se utilizam kits de montagem e computadores com software especializado para a construção e programação de robôs, existe a possibilidade de integrar percepções sensoriais aliadas ao trabalho com o currículo escolar. A percepção motora é aguçada quando o estudante é estimulado a montar seu próprio sistema robotizado, por meio do encaixe das peças, do manejo

preciso em determinados momentos, além da posição do robô frente às problematizações colocadas pelo professor.

O raciocínio lógico é trabalhado através do projeto, do controle, da programação, da experimentação, da reflexão e da busca por solução de problemas. A percepção visual é estimulada quando os alunos estudam as formas das peças, onde e como estas podem ser usadas, bem como os movimentos que o robô realiza. Há ainda o trabalho com a percepção espacial, uma vez que o estudante trabalha questões relacionadas à lateralidade e estuda a melhor forma de comandar seu robô considerando o espaço disponibilizado.

Desta forma, o professor pode mediar o conhecimento utilizando a construção e programação. Ou seja, a Robótica Educacional, como uma forma de refletir sobre como o aluno compreende o mundo em que vive, trabalhando seu pensamento investigativo para descobrir como o robô terá que funcionar, atendendo as exigências impostas pela atividade solicitada, está consoante com conteúdo curriculares.

A aprendizagem é construída sobre a reflexão do que é feito. O professor, neste contexto de educar, pode mediar o conhecimento, ajudando o aluno a construir/desconstruir e testar hipóteses para solucionar problemas que estão relacionados com disciplinas curriculares e ao dia-a-dia dos estudantes, valorizando o trabalho em equipe e com isso estimulando também valores e atitudes. Através deste trabalho em equipe, é possível socializar alunos antes isolados de seus colegas por causa de fatores como timidez, diferenças sociais, desnivelamento escolar, bullying, deficiências físicas ou neurológicas entre outras.

REFERÊNCIAS

ANGELO, Joseph A. Robotics: a reference guide to the new technology. Westport:- Greenwood, 2007. 417 p.

AZEVEDO, Samuel; AGLAÉ, Akynara; PITTA, Renata. Minicurso: Introdução a robótica educacional. In: 62ª Reunião Anual da SBPC. Disponível em: [http://www.sbpnet.org.br/livro/62ra/minicursos/MC% 20Samuel% 20Azevedo](http://www.sbpnet.org.br/livro/62ra/minicursos/MC%20Samuel%20Azevedo). Acesso em: 10/01/2022.

BENITTI, Fabiane Barreto Vavassori et al. Experimentação com Robótica Educativa no Ensino Médio: ambiente, atividades e resultados. In: **Anais do Workshop de Informática na Escola**. 2009. p. 1811-1820.

BRASIL. Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017. Altera as Leis nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13415.htm>. Acesso em: 30 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular: educação é a base: ensino médio, 2018. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=79601-anexotexto-bncc-reexportado-pdf-2&category_slug=dezembro-2017-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 05 jan. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília, DF: MEC/SEMT, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2021.

COLL, César. Aprendizagem escolar e construção do conhecimento. Porto Alegre: Artmed, 1994. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/PaulaOliveira1/aprendizagem-escolar-e-construo-do-conhecimento-apresentaocesarcollemartakhoh>. Acesso em: 10/11/2021.

FERNANDO, Cláudio (Org.). GUIA DAS TECNOLOGIAS EDUCACIONAIS. Brasília, Ministério da Educação, Secretária da Educação Básica, 2008, 152f.

FREIRE, Paulo. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

JOÃO PESSOA. Projeto Robótica Educativa é ampliado para mais 50 escolas. Disponível em <http://www.joaopessoa.pb.gov.br/noticias/?n=11420>. Acesso em: 20 de agosto 2020.

LEGO. (2020) Robot lego. Disponível em: <<https://www.lego.com/en-us/search?q=robot%20education>>.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/index.php>>. Acesso em: 01 Julho, 2009.

OLIVEIRA, A. F.; NUNES, A. K. F.; LIMA, E. S. A contribuição da robótica educacional para o uso de metodologias ativas no ensino básico. Simpósio Internacional de Educação e Comunicação-SIMEDUC, n. 7, 2016.

OLIVEIRA, D. S. Formação continuada de professores para inovação pedagógica por meio da robótica educacional na Escola Estadual Presidente Kennedy. 2019. Dissertação de Mestrado. Brasil.

PAPERT, Seymour. A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática. Porto Alegre: Artmed, 2008.

PAPERT, Seymour. Logo: computadores e educação. São Paulo: Editora, Brasiliense, 1985.

QUINTANILHA, Leandro. Irresistível robô. Revista Rede, São Paulo, ano 3, n. 34, p.10-17, mar. 2008.

RIBEIRO, C. R. Robô Carochinha: Um estudo qualitativo sobre a robótica educativa no 1º ciclo no ensino básico. In: Dissertação (Mestrado em Educação – Tecnologia

Educativa) – Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho (Portugal). Braga. 2006.

ROMANO, Vitor Ferreira (Ed.). Robótica industrial: aplicação na indústria de manufatura e de processos. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. 252 p.

SCHONS, C.; PRIMAZ, E. e WIRTH, G. A. P.;(2010). Introdução a Robótica Educativa na Instituição Escolar para alunos do Ensino Fundamental da disciplina de Língua Espanhola através das Novas Tecnologias de Aprendizagem. Acesso em 20 abr., 2021,

SILVA, A. A.R. S. (2010). Robótica e educação: uma possibilidade de inserção sócio-digital. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.



CAPÍTULO 11

O ENSINO DA PROGRESSÃO ARITMÉTICA COM O AUXÍLIO DE MATERIAIS MANIPULÁVEIS: UMA PROPOSTA PARA O 2º ANO DO ENSINO MÉDIO

*TEACHING ARITHMETIC PROGRESSION WITH THE AID
OF MANIPULABLE MATERIALS: A PROPOSAL FOR THE
2ND YEAR OF HIGH SCHOOL*

Beatriz Nascimento da Luz¹

Luciana Silva da Luz²

Tamara Siqueira Monteiro³

Larisse Lorrane Monteiro Moraes⁴

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.11

¹ beahluz353@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/1714261515871216>

² lucianasilva776@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/9162530527679318>

³ tamaramonteiro2016@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/2024615613741291>

⁴ larissemoraes.12@gmail.com, <http://lattes.cnpq.br/0559548589731720>

RESUMO

Este trabalho, aborda o ensino da progressão aritmética fazendo uso de materiais manipuláveis. Para tal, usamos a seguinte questão problema “Como o uso dos materiais manipuláveis (copo descartável e o milho) influência no processo de aprendizagem dos alunos do 2º ano do ensino médio a respeito do assunto Progressão Aritmética?”, o objetivo geral desta pesquisa é: compreender o conceito e aplicação da progressão aritmética, e identificar suas aplicações na realidade dos alunos por meio do uso dos materiais manipuláveis. Possuindo os seguintes objetivos específicos: descrever os conceitos de sequência numérica e progressões aritméticas; especificar a lógica existente em sequências numéricas e analisar como os alunos associam o material manipulável ao conteúdo didático. O material didático manipulável escolhido para este estudo, foi o copo descartável e o milho, matérias simples, comuns e práticos que podem ajudar na compreensão e aproximar o saber matemático ao cotidiano e contexto social dos alunos. A opção metodológica utilizada foi, a revisão integrativa com análise de dados qualitativa e quantitativa, a pesquisa foi realizada na escola estadual Presidente Kennedy com os alunos do 2º ano do ensino médio, localizada no município de Vigia, Pará. Com o resultado desta proposta, percebeu-se que os materiais manipuláveis podem ser uma ferramenta eficaz no processo de ensino e aprendizagem da matemática, visto que, desperta o interesse dos alunos, com relação a essa disciplina. Assim, os materiais manipuláveis são uma ótima ferramenta, para auxiliar os professores na construção do conhecimento dos alunos, trazendo de volta a satisfação de se aprender matemática.

Palavras-chave: Ensino de matemática. Aprendizagem de progressão aritmética. Materiais Manipuláveis.

ABSTRACT

This work addresses the teaching of arithmetic progression using manipulative materials. To this end, we use the following problem question “How does the use of manipulative materials (disposable cups and corn) influence the learning process of students in the 2nd year of high school regarding the subject Arithmetic Progression?”, the general objective of this research is: understand the concept and application of arithmetic progression and identify its applications in the reality of students using manipulative materials. Having the following specific objectives: describe the concepts of numerical sequence and arithmetic progressions, Specify the existing logic in numerical sequences and analyze how students associate manipulative material with didactic content. The manipulative teaching material

chosen for this study was the disposable cup and corn, simple, common, and practical materials that can help in understanding and bring mathematical knowledge closer to the daily life and social context of students. The methodological option used was the integrative review with qualitative and quantitative data analysis, the research was carried out at the President Kennedy state school with students of the 2nd year of high school, located in the municipality of Vigia, Pará. With the result of this proposal, it was realized that manipulative materials can be an effective tool in the teaching and learning process of mathematics, since it arouses the interest of students in relation to this discipline. Thus, manipulative materials are a great tool to assist teachers in building students' knowledge, bringing back the satisfaction of learning mathematics.

Keywords: Mathematics teaching. Learning arithmetic progression. Manipulating Materials.

1 INTRODUÇÃO

A matemática está presente em nossas vidas desde o momento que acordamos até a hora de dormir, um exemplo disto, é quando vamos às compras no supermercado, pois, são necessários que façamos vários cálculos, seja da quantidade de produtos ou se a quantia levada vai ser suficiente para pagar a compra no final. Contudo, muitos alunos não conseguem associar esse contexto fora de sala de aula, pois, o que é mediado dentro do ambiente escolar, são conceitos e fórmulas já direcionados a uma atividade específica, onde na grande maioria das vezes, o principal objetivo é a repetição e memorização de fórmulas, logo, muitos alunos criam aversão a essa disciplina, por ela ser vista como uma aprendizagem difícil e cansativa.

Em relação ao ensino do assunto progressão aritmética, foco desta pesquisa, este costuma ser ministrado de forma tradicional, ou seja, com base na memorização de fórmulas e em seguida, são repassados cansativos exercícios com um único intuito, de que eles gravem cada passo da resolução, isto é, uma aprendizagem mecânica, sem contexto e aprofundamento de concepções. No entanto, para que haja um aprendizado significativo, deve haver uma correlação de conhecimentos já existentes com os novos, uma conexão com o cotidiano de cada um, e se deve trabalhar, o raciocínio lógico dando autonomia aos estudantes para que eles pensem por si próprios através da dedução, sem ou com o uso de fórmulas.

Em virtude disto, temos a seguinte questão problema, "Como o uso dos materiais manipuláveis (copo descartável e o milho) influencia no processo de aprendizagem dos alunos 2º ano do ensino médio a respeito do assunto Progressão Aritmé-

tica?”, visto que, ao decorrer do processo de ensino, muitos alunos não se sentem motivados a aprender e a compreender a importância dos assuntos da disciplina de matemática, uma vez que, estes são abordados de forma tradicional, mas com a utilização do material didático manipulável, acreditamos que a abordagem do assunto fica muito mais dinâmica e compreensível. Sendo assim, o intuito deste trabalho, é demonstrar a importância do material manipulável na compreensão do assunto progressão aritmética, dando a este, uma visão mais concreta sobre o termo geral da P.A, aproximando esse tema a realidade dos discentes.

Deste modo, como somos discentes do curso de licenciatura em matemática, a elaboração desta pesquisa nos proporciona a oportunidade de criação e desenvolvimento de meios que auxiliem na prática do ensino, pois, com o surgimento de novas tendências metodológicas, o ensino tende a ser mais dinâmico.

Assim sendo os objetivos específicos desta proposta são: descrever os conceitos de sequência numérica e progressões aritméticas; especificar a lógica existente em sequências numéricas e Analisar como os alunos associam o material manipulável ao conteúdo didático.

A opção metodológica deste projeto, originou-se com o intuito de compreender o conceito e aplicação da progressão aritmética e identificar sua aplicabilidade na realidade dos alunos por meio do uso dos materiais manipuláveis. E analisar a influência do material manipulável no ensino e aprendizagem deste tema, trabalhando com os alunos do 2º ano do ensino médio da escola estadual “Presidente Kennedy”, situada na cidade de Vigia de Nazaré no estado do Pará.

2 UM POUCO DA HISTÓRIA DO OBJETO DE CONHECIMENTO MATEMÁTICO PROGRESSÃO ARITMÉTICA

O papiro de Rhind, datado aproximadamente de 1650 a.C., consiste em um texto matemático no formato de um manual prático, que traz cerca de 85 problemas copiados em escrita hierática pelo escriba Ahmes de um trabalho mais antigo, sendo este, uma fonte primária sobre a matemática egípcia antiga, o que evidencia que eles sabiam fazer a soma dos termos de uma progressão aritmética, pois, este papiro, contém o seguinte problema: “Divida 100 pães entre cinco homens, de modo que as partes recebidas estejam em progressão aritmética e que um sétimo das soma das três partes maiores seja a soma das duas” (FREITAS, 2019, p. 06). Este problema, tem uma determinada sequência, devendo estar em progressão aritmética. Portanto as progressões aritméticas já eram conhecidas há cerca de alguns milhões de anos, são o que chamamos de P.A de ordem 1 (FREITAS, 2019).

Segundo Boyer (1974), existem alguns relatos a respeito de sequências e progressão aritmética, entre eles, podemos citar, um que pode ser considerado o mais importante, “Gauss e a soma dos termos de uma progressão aritmética”, Carl Friedrich Gauss (1777-1855) era alemão considerado uma criança prodígio, e, possivelmente, o maior matemático da história.

Existe um relato da infância de Gauss, onde ele foi o único aluno capaz de resolver a tarefa passada pelo professor da escola que ele frequentava, esta tarefa consistia em somar os números de 1 a 100. Carl, quase de imediato conseguiu resolver a tarefa para o espanto do professor, sem cálculo algum, sendo o único a acertar a resposta correta, 5050, ele havia feito o cálculo mentalmente a soma da progressão aritmética “1+2+3+4+5 . . . 98+99+100”, contudo Gauss teria que explicar ao professor esse feito (SILVA, 2013).

Ele percebeu que:

1+100=101, 2+99=101, 3+98=101. . . 49+52=101, 50+51=101, o que daria no total de 50 pares, portanto uma soma total de $50 \times 101 = 5050$.

Dando assim, após reformulações e ponderações, origem a fórmula da soma dos termos de uma progressão aritmética.

$$S_n = \frac{(a_1 + a_n) \cdot n}{2}$$

Deste modo, esperamos que você, enquanto leitor, tenham compreendido, mesmo que de maneira sucinta a origem de P.A.

3 O USO DOS MATERIAIS MANIPULÁVEIS EM AULAS DE MATEMÁTICA

Acompanhamos com o passar dos anos a generalização da matemática sem mesmo antes ter o um contato direto com ela, sempre com o pensamento que a matemática é difícil ou um bicho de sete cabeças. A finalidade de trazer os materiais manipuláveis para dentro de sala de aula, possui a intenção de quebrar esse tabu e fazer com que alunos tirem suas próprias conclusões sobre as ciências exatas. Sendo assim, utilizar materiais lúdicos para que a matemática não seja mais uma problematização na vida dos alunos, pretende-se ensinar que “aprende-se a fazer, fazendo”, a teria como base na ilustração de atividades, desenvolvendo jogos concretos e experiências voltadas a matemática (NACARATO, 2004-2005).

Segundo Ausubel (1963), este ensino, se daria pela percepção de objetivos do professor para o aluno. Fazendo com que o estudante, atribui-se o significado ao concreto. Tendo em vista, que uma aprendizagem significativa, ocorre através de um processo, o qual, uma nova informação vai se relacionar, de forma simbólica, criando aspectos substanciais no aprendizado do indivíduo. (MOREIRA, 1999).

Assim, a utilização do material manipuláveis em sala de aula, possibilita ao professor, uma didática mais elaborada do que a utilizada no ensino tradicional. Lembrando, que não estamos dizendo que o ensino tradicional não funciona, o material manipulável, seria para contribuir uma aprendizagem significativa, explorando o cognitivo do aluno para que possa assimilar o conteúdo com êxito, Matos e Serrazina (1996, p. 193), para materiais manipuláveis, explica, que os “objetos ou coisa que o aluno é capaz de sentir, tocar, manipular e movimentar, podem ser objetos reais que tem a aplicação no dia a dia ou podem ser objetos que são criados para apresentar uma ideia”. Diante disto, o material concreto seria essencial nas aulas de matemática, pois despertaria o querer do aprender.

4 A IMPORTÂNCIA DO USO DO MATERIAL MANIPULÁVEL COPO DESCARTÁVEL E MILHO EM AULAS DE MATEMÁTICA.

O assunto de P.A costuma ser trabalhado em sala de aula, através da demonstração da fórmula e da resolução de problemas de fixação, com intuito que o estudante memorize o passo a passo da questão, no entanto, essa abordagem não favorece a compreensão e nem da possibilidade, destes em desenvolver habilidade de construir conhecimento, ou seja, tira sua autonomia.

Assim, acreditamos, que para acontecer uma aprendizagem significativa, deve-se investigar aquilo que o aluno já sabe e esses dados devem ser levados em consideração (SILVA, 2013). Diante desta visão, instigamo-nos a repensar uma abordagem que nos permitisse compreender o que o discente já conhecia sobre o assunto de P.A, sendo assim, utilizaremos o copo descartável e milho como recurso didático. Daí, o questionamento que nos propusemos foi: como algo tão simples e comum pode contribuir para o ensino da matemática e especificamente no assunto progressão aritmética? O intuito, é mostrar para os docentes de matemática, é que você não precisa de muito, para elaborar as soluções para várias situações usando apenas esse material. Isto porque, muitas vezes, nós enquanto professores das escolas públicas, não temos o apoio financeiro para construir materiais para trabalhar em sala de aula. Então, queremos demonstrar como algo simples e rápido, pode possibilitar aos alunos a compreensão do conteúdo de progressão aritmética.

Com copo descartável e o milho, os discentes poderão identificar as sequências usando os próprios meios sem usar fórmulas a princípio, simplesmente com o uso dos materiais manipuláveis e o raciocínio lógico. Portanto, segundo Ausubel (1963) e Vasconcellos (2005), vamos reforçar que nossa base será para que os alunos consigam assimilar o conteúdo para que nas series posteriores consigam desenvolver uma aprendizagem significativa, pois, e muito nítido ver que hoje em dia as metodologias educacionais estão focadas em apenas avaliações (provas). Segundo Hoffman (1994), foi muito estimulado sobre a prática de fazer provas e atribuição de notas, e não com o significado do ensino e seus benefícios tanto para o educador como para o estudante.

5 METODOLOGIA

Este estudo, iniciou-se com o intuito de compreender o conceito e aplicação da progressão aritmética e identificar sua aplicabilidade na realidade dos alunos por meio do uso dos materiais manipuláveis, trabalhando com os alunos do 2º ano do ensino médio da escola estadual “Presidente Kennedy”, situada na cidade de Vigia de Nazaré/PA.

A metodologia da pesquisa, baseia-se em uma revisão integrativa, a qual se caracteriza pela elaboração da questão problema que norteará este projeto, tendo esta pergunta como o início da atividade, houve a realização de vasta pesquisa literária que faz parte das referências bibliográficas, que dará embasamento ao estudo. A coleta de informações será através da aplicação de dois questionários um antes da aplicação do material manipulável e outro no final, para verificar os resultados do ensino aprendizagem com este material manipulável, que poderá estabelecer o possível impacto dos materiais manipuláveis na didática.

Tal investigação, é de natureza qualitativa e quantitativa para a análise de dados, pois, de acordo com Silva e Menezes (2005), por meio deste método, será possível determinar e quantificar os dados coletados do levantamento. A análise crítica dos dados, terá como objetivo, compreender como os objetos manipuláveis aplicados no contexto escolar são incorporados pelos alunos na sua aprendizagem, e correlacionando este assunto ao cotidiano.

6 PASSO A PASSO DA PROPOSTA

O processo de aprendizagem da disciplina matemática, é vista por muitos alunos, como “bicho de sete cabeças”, contudo, a finalidade desta proposta, será mostrar a importância do lúdico como estratégia para melhorar o aprendizado sobre progressão aritmética, com o intuito, de evidenciar que os materiais didáticos

manipuláveis (copo descartável e milho), facilitará a aprendizagem dos alunos, visto que, “utilizar jogos como instrumentos pedagógicos não se restringe a trabalhar com jogos prontos, nos quais as regras e os procedimentos já estão determinados” (Brasil, 2006, p.28). Deste modo, O uso deste material, servirá para demonstrar aos alunos o quão simples pode ser a compreensão do assunto da P.A, com o auxílio do material manipulável.

- **Regras:** Somente será permitido o uso dos copos descartáveis e o milho, sem auxílio de fórmulas, a não ser em determinados momentos a serem definidos em sala.
- **Habilidade da BNCC que poderá ser desenvolvida com o auxílio deste material manipulável:** (EM13MAT507): Identificar e associar progressões aritméticas (PA) a funções afins de domínio discretos, para análise de propriedades, dedução de algumas fórmulas e resolução de problemas.

No entanto, iremos nortear esta pesquisa, somente em parte desta habilidade, a qual corresponde, a identificação e associação das progressões aritméticas (PA), por meio da resolução de problemas.

7 APLICAÇÃO DA PROPOSTA

- No primeiro momento, aplicaremos um questionário para coletar dados sobre o que os alunos sabem sobre o assunto (P.A).

Fotografia 1 - Aplicação do questionário inicial.



Fonte: Os autores.

Quadro 1 - Perguntas do questionário inicial

	PERGUNTAS	RESPOSTAS
01	Você sabe o que é uma sequência?	Sim ou não.
02	Você sabe o que é progressão aritmética?	Sim ou não.
03	Você sabe o que é material manipulável?	Sim ou não.
04	O material manipulável pode ajudar a compreensão dos assuntos em sala de aula?	Sim, não ou não sei.

Fonte: Os autores

- No segundo momento, partiremos para uma explanação do assunto, o qual, serão organizados alguns aspectos importantes, e a relevância de aprendê-lo, além de demonstrar, que o mesmo, faz parte do dia-a-dia, já no terceiro momento, distribuiremos o material manipulável (co-

pos descartáveis e milho), uma folha em branco, e outra contendo três questões;

No quarto momento, orientaremos os alunos a colocarem um determinado número de milho no primeiro copo, no segundo copo, em seguida pediremos a eles que continuem a sequência;

Fotografia 2 - Alunos utilizando os materiais manipuláveis.



Fonte: Os autores.

- No quinto momento, pediremos para o aluno identificar cada termo da fórmula de uma P.A, com o auxílio do material manipulável;
- No sexto momento, após eles assimilarem a lógica da dinâmica, pediremos que eles resolvam as três questões seguindo o raciocínio anterior;
- No sétimo e último momento, será aplicado o questionário que nos dará uma amostragem do entendimento de conhecimento em comparação ao início da aula.

Fotografia 3 - Aplicação do questionário final.



Fonte: Os autores.

Quadro 1 - Questionário final.⁷

	PERGUNTAS	RESPOSTAS
01	Você sabe o que é uma sequência?	Sim ou não.
02	Você sabe o que é progressão aritmética?	Sim ou não.
03	Você sabe o que é material manipulável?	Sim ou não.
04	O material manipulável pode ajudar a compreensão dos assuntos em sala de aula?	Sim, não ou não sei.

Fonte: Os autores.

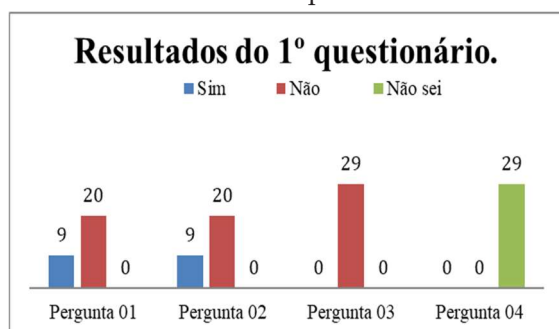
8 RESULTADOS

O intuito deste trabalho, era fazer com que os alunos compreendessem o ensino da matemática de outra forma, visto que, o ensino tradicional faz com que a matemática seja vista como uma das matérias escolares mais difíceis de ser entendida, com o auxílio do material manipulável, buscamos quebrar este tabu, através do copo descartável e do milho.

O uso deste recurso, possibilitou aos alunos, o desenvolvimento de algumas habilidades, entre elas, o raciocínio lógico, o que facilitou a resolução das atividades de forma mais rápida, pois o copo e o milho, proporcionou a clareza da identificação e da quantidade de cada termo por meio concreto, ou seja, saindo do imaginário para a realidade, em virtude de haver uma interação direta com material.

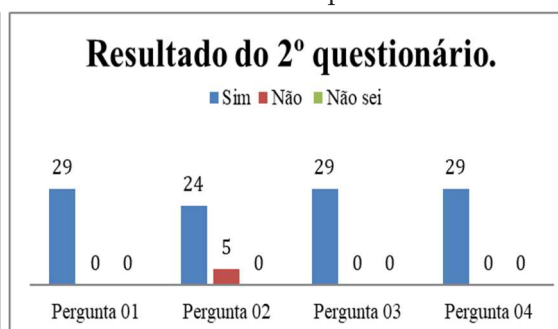
Após a intervenção em sala de aula, conseguimos notar que houve sim, uma melhora na aprendizagem dos discentes, pois, no primeiro contato com os alunos, ao averiguar suas respostas, conseguimos analisar o seguinte diagnóstico: em total de 29 alunos somente nove tinha conhecimento prévio do assunto, sabiam que 1, 2, 3,..., era uma sequência e conheciam a fórmula da progressão aritmética. No entanto, em seguida, após o questionário, houve uma breve explicação do conteúdo, e ao serem questionados, não sabiam explicar o porquê de 1, 2, 3,..., ser uma sequência e onde poderiam encontrar no seu cotidiano, com relação ao material manipulável, nenhum tinha conhecimento do que seria e qual a sua importância para a aprendizagem.

Gráfico 1 - Dados do questionário inicial



Fonte: os autores.

Gráfico 2 - Dados do questionário final



Fonte: os autores.

Com base nas respostas obtidas no segundo questionário, pode ser notar, que houve uma grande diferença nos resultados tanto com relação ao assunto, quanto ao material manipulável, pois no decorrer da dinâmica, íamos fazendo indagações que os levasse a compreensão do que estavam fazendo, isso nos permitiu ouvir a opinião dos alunos sobre os materiais manipuláveis no final da proposta, eles afirmaram que a aprendizagem em sala de aula foi mais dinâmica, que conseguiram

aprender de forma mais fácil e divertida, criando assim, uma visão mais agradável sobre a matemática.

Com base na coleta de dados, podemos observar no gráfico acima, que obtivemos uma melhora significativa na aprendizagem, diante da metodologia adotada com o material manipulável. Os discentes conseguiram assimilar a proposta, de utilizar o material concreto para a iniciação do assunto progressão aritmética, ao final da aula, após a aplicação, os objetivos propostos foram concluídos com êxito. Já que eles usaram o copo com o milho para entender como achar a sequência para poderem aplicar na fórmula da progressão, conseguiram desenvolver a ideia que levamos sobre o material lúdico e resolvendo os problemas que passamos em sala de aula chegando à resolução exata dos exercícios.

É importante lembrar, que durante dois anos de pandemia, houve um prejuízo significativo no ensino, e com isso ressaltar, a problematização do ensino da matemática, se antes já era “difícil” aprender a matemática presencialmente, imagina com a pandemia em que as aulas foram para o modo remoto e virtual? Este fato, afetou bastante a aprendizagem, e este projeto, teve como objetivo, despertar o interesse do aluno em aprender a matemática. Após tanto tempo fora da sala de aula, esse contato com o material didático manipulável fez com que eles interagissem de forma bem divertida, e além de se divertir, conseguissem compreender e aprender cada passo do que foi aplicado em sala de aula. Contudo, nem todos conseguiram assimilar o que foi proposto, por diversos fatores, como: a pandemia, o déficit de aprendizagem, por estarem acostumados ao ensino tradicional, devido ao pouco tempo disponibilizado para aplicação do projeto etc., no entanto, esta análise, não diminui a importância e a relevância desta pesquisa, até porque, acreditamos, que se nos fosse disponibilizado mais tempo, teríamos conseguido abranger todos os alunos.

E ao utilizar o material, a maioria dos alunos, perceberam de imediato que para ser uma sequência, precisa-se de uma lei de formação, pois conforme pronunciávamos uma sucessão de números e pedíamos para que eles continuassem, possibilitou a eles que enxergassem, que existe uma constante chamada razão e no decorrer das atividades não houve a necessidade da utilização de fórmulas, pois através do material manipulável, eles foram capazes de identificar e quantificar cada termo com maior facilidade, através da compreensão da lógica existente, isso fez com que os alunos tivessem autonomia na hora da resolução dos exercícios.

Assim, inferimos, que tivemos uns resultados significativos diante deste projeto, já que seu propósito era trazer uma metodologia em conjunto os materiais con-

cretos, fazendo com que o discente tenha uma aprendizagem significativa, por meio do lúdico, assim, o professor tem este material como um auxílio para complementar sua didática.

9 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Ao analisarmos os resultados obtidos no final deste trabalho, percebemos que os alunos estavam muitos mais abertos e empolgados com a matemática, visto que, a metodologia utilizada reduziu o estresse e a pressão que esta disciplina carrega.

Observamos, que através desta abordagem lúdica e com os conhecimentos prévios dos alunos, eles compreenderam os conceitos, as aplicações e rapidamente associaram ao seu dia a dia. Por sua vez, acreditamos que após demonstrarmos outra forma de se ver, pensar e resolver questões matemáticas, que eles próprios estimulados de forma positiva em aprender, criarão seus próprios métodos para a resolução de problemas. Já com relação ao material manipulável, como nenhum tinha conhecimento do que se tratava, diante dessa resposta, levou-nos a questionar; será realmente que os alunos não gostam de matemática? Ou eles, apenas estão fazendo uso de uma metodologia que não os permite seu entendimento?

Portanto, este projeto pretende nos dar a possibilidade de inovar nas aulas de matemática, possibilitando que os alunos não enxerguem o material manipulável apenas como brincadeiras e jogos, mas sim, como um meio que facilitará a compreensão e entendimento dos assuntos tratados em sala.

Todavia, acreditamos que, o uso dos materiais manipuláveis em sala de aula irá sugerir uma nova visão de como aprender matemática, visto que, necessitará da participação ativa dos alunos no processo deles, com apropriação do conhecimento, tudo isto, irá fazer com que estes desenvolvam uma série de novos conceitos, experiência, essa que, o tornará um ser pensante e crítico, o ajudando no desenvolvimento do seu raciocínio matemático, havendo uma maior participação nas aulas, já que, eles atuarão ativamente na construção do conhecimento matemático, muito, além disso, os alunos terão a satisfação e o prazer de aprender trazidos de volta, pois os materiais manipuláveis darão a empolgação que o processo de ensino necessita.

Assim, precisamos entender, que este processo precisa estar sistematizado a partir da prática pedagógica com a utilização dos materiais manipuláveis, o que significa dizer, uma preocupação com o ensino aprendizagem da matemática, o que possibilita a compreensão do concreto para o abstrato. Contudo, não nos cabe, dar uma solução mágica que vá suprir todos os problemas que ocorrem no processo de

ensino aprendizagem, mas sim, ressaltar que há outros caminhos no que diz respeito ao ensino da matemática. Neste contexto, os materiais manipuláveis, assim como outras ferramentas, não irão substituir a teoria, mas sim, servir como uma ferramenta que pode complementar a aplicação dos conceitos.

Como futuros docentes, essa experiência nos proporcionou um grande aprendizado, pois não bastam dispor de conhecimento, temos que saber mediar de forma clara e objetiva, para que os estudantes consigam enxergar a matemática no seu dia a dia, compreendendo assim, a importância de se estudar essa disciplina, e para aqueles que já exercem a docência, esta pesquisa, deu possibilidade de inovação em suas aulas, pois acreditamos que o resultado foi significativo tanto para nós que aplicamos esta metodologia com materiais lúdicos como para os discentes que acharam uma forma muito empolgante e nova para as aulas de matemática.

Sendo nos profissionais da educação, cabe a nós melhorar a capacitação para desenvolvimento de metodologia que capturem o interesse do aluno pela disciplina, devemos nos apropriar do conhecimento para que tenhamos o domínio e a segurança para trabalhá-lo em sala.

Conclui-se, ao final desta proposta, que no contexto da prática pedagógica da matemática, e especificamente, com relação à progressão aritmética, os materiais manipuláveis, são recursos que beneficiam no ensino aprendizagem. Visto que, a utilização destes, pode proporcionar a interação dos alunos com o tema estudado, a partir do contato. Contudo, cabe ao professor, o papel decisivo, uma vez que, este será o responsável pela organização, o uso e as regras, e isso exigirá deste profissional, conhecimentos específicos no momento das atividades.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D.P (1963). **The psychology of meaningful verbal**. New York, Grune and Stratton.

BOYER, C.B.; **História da matemática**; tradução; Elza. Gomide, São Paulo, Edgard Blucher, Ed. da Universidade de São Paulo, 1974.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/SEB, 2006.

FREITAS, Bruno Vinicius Alves de. **Indução e progressão aritmética no ensino médio** / Bruno Vinicius Alves de Freitas. – Campina Grande, 2019.

HOFFMANN, Jussara. **Avaliar para Promover: As sete metas do caminho**. Porto Alegre: Mediação, 2001. 219 p.

MOREIRA, Marcos Antônio. **Teoria da aprendizagem**. São Paulo: Editora Universidade Pedagógica e Universitária LTDA, 1999.

NACARATO, Adair Mendes. **Eu trabalho primeiro no concreto**. Revista de Educação Matemática – Ano 9, Nos. 9-10 (2004-2005), 1 -6.

ROVER, Ardinete. **Normas da ABNT: orientações para a produção científica** / Ardinete Rover, Regina Oneda Mello. – Joaçaba: Editora Unoesc, 2020.

SILVA, Iramar Batista da. **Uma abordagem de progressões para o ensino médio**. UFMA. São Luís / MA, 2013.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4 ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVA, Tiago Marinho da. **Uma abordagem de sequências numéricas no ensino médio**./Tiago Marinho da Silva.- 2013.

VASCONCELOS, Celso dos Santos. **Construção do conhecimento em sala de aula**. 18. Ed. São Paulo: Liberdade, 2005. 136p

CAPÍTULO 12

A IMPORTÂNCIA DE ARISTÓTELES PARA A FILOSOFIA, PARA A CIÊNCIA, PARA A BIOLOGIA E PARA O DESENVOLVIMENTO DA FÍSICA

Adriano Remorini Tralback¹
Ana Paula Rodrigues²

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.12

¹ Professor Mestre em Ciências tralback@gmail.com, adriano.tralback@alumni.usp.br, CV: <http://lattes.cnpq.br/9420304194212151> ID: Lattes ID 9420304194212151

² Professora Doutora em Educação (Orientadora) CV: <http://lattes.cnpq.br/6034763904727969>, ID Lattes: 6034763904727969

RESUMO

O objetivo do corrente trabalho, é criar uma sinopse, a respeito do grande pensador da Grécia antiga que foi Aristóteles (384-322 a.C.), o qual marcou sua época em relação ao estudo da Filosofia, das Ciências, da Física bem como outras disciplinas. Quanto ao método empregado, foi utilizada como metodologia científica uma pesquisa bibliográfica, envolvendo a pesquisa em várias obras, livros, sobre o tema, objeto do estudo realizado. Quanto aos resultados obtidos tem-se as contribuições que foram apresentadas por Aristóteles nas mais diversas disciplinas como a Filosofia, a Biologia, o estudo de Ciências, para o desenvolvimento e evolução da Física, para a Política e para a Ética, dentre outras. Quanto as conclusões observou-se a importância das diversas obras que foram produzidas por Aristóteles, na quais alguns pensamentos permanecem ativos até a data atual como o estudo da lógica e suas premissas e alguns pensamentos contribuíram enormemente para o desenvolvimento da Física, haja vista que várias teorias formuladas pelo mesmo, permaneceram ativas por cerca de dois mil anos, servindo de crítica construtiva para o avanço da Física, face a outros pensadores que surgiram a posteriori como Galileu Galilei (1564-1642) e Isaac Newton (1642-1727) o qual propôs as 3 Leis de Newton, além da lei da gravitação universal e outros fundamentos que alterariam a mecânica clássica.

Palavras-chave: Aristóteles. Filosofia. Física. Importância.

ABSTRACT

The objective of the current work is to create a synopsis about the great thinker of ancient Greece, Aristóteles (384-322 BC), who marked his time in relation to the study of Philosophy, Sciences, Physics as well as other disciplines. As for the method used, a bibliographic research was used as a scientific methodology, involving research in several works, books, on the theme, object of the study carried out. As for the results obtained, there are the contributions that were presented by Aristóteles in the most diverse disciplines such as Philosophy, Biology, the study of Science, for the development and evolution of Physics, for Politics and Ethics, among others. As for the conclusions, the importance of the various works that were produced by Aristóteles was observed, in which some thoughts remain active until the present date as the study of logic and its premises and some thoughts contributed enormously to the development of Physics, given that several theories formulated by the same, remained active for about two thousand years, serving as constructive criticism for the advancement of Physics, compared to other thinkers that emerged a posteriori such as Galileo Galilei (1564-1642) and Isaac Newton (1642-1727)

who proposed Newton's 3 Laws, in addition to the law of universal gravitation and other fundamentals that would alter classical mechanics.

Keywords: Aristóteles. Philosophy. Physics. Importance.

1 INTRODUÇÃO

O corrente artigo científico, relativo ao trabalho de conclusão do curso de pós-graduação Lato sensu do Ensino de Física, pela Faculdade Venda Nova do Imigrante, Faveni, visa abordar as obras de Aristóteles, descrevendo como foi a vida do mesmo, suas histórias, obras e quais foram as principais contribuições deste pesquisador para a Filosofia, para a Ciência, para a Biologia e para o desenvolvimento e a evolução da Física.

O principal problema apresentado no corrente artigo é como fazer com que o público aprenda e conheça de forma simples e organizada a história de Aristóteles e quais foram as suas contribuições para a evolução da Física?

Como principais hipóteses a serem lançadas estão o momento histórico vivido pelo mesmo e as contribuições que foram idealizadas por ele e que serviram de base através de uma crítica posterior, para o desenvolvimento de outras teorias.

O objetivo principal do trabalho é criar uma síntese, uma sinopse, a respeito desse grande pensador que foi Aristóteles, o qual marcou sua época em relação ao estudo da Filosofia, das Ciências, da Biologia, da Física bem como outras disciplinas.

Já como objetivo específico, é realizar uma pesquisa minuciosa, sobre as obras que foram produzidas por Aristóteles, sua vida, sua história e quais foram as contribuições fornecidas para a formação da Física.

Como justificativa e relevância para a Sociedade e para a comunidade científica, está a contribuição que o presente artigo irá ter em relação a futuras pesquisas bibliográficas relacionadas ao tema.

Em relação ao corrente artigo científico, foi utilizada como metodologia científica uma pesquisa bibliográfica, envolvendo a pesquisa em várias obras, livros, sobre o tema, objeto do estudo realizado.

Por fim a estrutura do presente trabalho será realizado em forma de itens envolvendo a vida, obra(s), história e contribuições que foram prestadas por Aristóteles para a evolução da Física.

2 DESENVOLVIMENTO

Em relação a um dos pensadores que contribuíram bastante para a evolução da Física, um nome se destaca, o nome de Aristóteles, que viveu na Grécia Antiga, entre 384 a 322 a.C., cuja parte dos pensamentos e algumas teorias foram mantidos, principalmente no que tange ao estudo da Física, pelo período de aproximadamente 2000 anos.

2.1 A Vida e a História de Aristóteles

De acordo com Hewitt (2002, p. 45), Aristóteles era “filosofo, cientista e educador grego”, ainda segundo esse autor, Aristóteles era filho de um médico, médico este que havia servido pessoalmente ao Rei da Macedônia.

Hewitt (2002, p. 45), afirmou ainda que Aristóteles, aos 17 anos havia ingressado na academia de Platão, onde trabalhou por cerca de 20 anos até a morte deste.

De acordo com Chalton e MacArdle (2017, p.15), Aristóteles, após a morte de Platão, resolveu deixar Atenas, provavelmente segundo os autores, por não ter sido designado o diretor da academia de Platão.

Aristóteles, então, de acordo com Hewitt (2002, p. 45) acaba se tornando o tutor de um jovem chamado Alexandre, que mais a frente seria conhecido como Alexandre, o Grande, onde 8 anos mais tarde acabou fundando a sua própria escola.

Aristóteles, segundo Chalton e MacArdle (2017, p.15), depois que Alexandre, o Grande, que era seu aluno, conquista a Grécia, acaba voltando a Atenas entre os anos de 335/334 a.C.

2.2 A obra e as contribuições para a evolução da Física desenvolvidas por Aristóteles

Segundo Cunha e Cardoso (2004, p.10) as obras de Aristóteles eram chamadas de *acroamáticas*, ou seja, elas eram compostas para um auditório de discípulos, e eram apresentadas sobre a forma de pequenos tratados, sendo muitos reunidos sob um título comum como a obra *Física*.

Ainda de acordo com os autores Cunha e Cardoso (2004, p.10) a arrumação desses tratados, constituídos em séries, as quais integravam o conjunto de obras de Aristóteles, era denominado de o *Corpus aristotelicum*, apresentando a seguinte divisão sistemática: *Organon* nome dado aos conjuntos dos tratados de lógica (para Aristóteles, conforme afirmam os autores, a lógica não seria parte integrante nem

da ciência nem da filosofia, apenas um instrumento *Organon*, que seria utilizado em sua construção.

Em *Organon*, conforme afirmou Blanc (2021, p. 50), no que se refere a lógica aristotélica, as proposições ou afirmações a respeito de algo, devem seguir algumas regras para que não sejam apenas consideradas um jogo de palavras, como faziam os sofistas. Para Aristóteles, segundo Blanc (2021, p.50), anteriormente ao próprio conhecimento seria necessário o exame do funcionamento da linguagem, para evitar dessa maneira o cometimento de tropeços na expressão de uma ideia. Essas regras na obra *Organon* de Aristóteles, dizem respeito ao que hoje em dia é conhecido como lógica, sendo que através dela, que foi estabelecida a primazia da lógica dedutiva.

Parta Blanc (2021, p.49), Aristóteles acabou observado um padrão para o processo lógico, chamando de silogismo, o qual consistia na elaboração de duas premissas e uma conclusão, onde o autor cita como exemplo, o caso mais famoso de silogismo encontrado na história, segundo o qual, “*todos os homens são mortais (primeira premissa); Sócrates é um homem (segunda premissa); logo Sócrates é mortal (conclusão)*”.

Depois do *Organon*, conforme afirmam os autores Cunha e Cardoso (2004, p.11), o chamado *Corpus aristotelicum* traz obras que se dedicam ao estudo relacionado a Natureza, onde a primeira série de tratados refere-se ao mundo físico, o qual faz parte o tratado denominado *Física*, que examina conceitos gerais relacionados ao mundo físico, como a natureza, os movimentos, o infinito, o vazio, tempo, lugar. Já o tratado intitulado *Sobre o Céu (De Coelo)* e o *Sobre a Geração e a Corrupção (De Generatione et Corruptione)*, também os estudos sobre o *mundo sideral* e o *sublunar*, além dos denominados *Meteorológicos* que são os referentes aos estudos atmosféricos.

De acordo com o autor Hewitt (2002, p. 44), Aristóteles dividiu o movimento em duas grandes classes: a do movimento natural e a do movimento violento. Aristóteles, discorria que o movimento natural decorria da natureza de um dado objeto e dependia da combinação dos quatro elementos (terra, água, ar e fogo) do qual ele era feito.

Para Aristóteles, cada objeto no universo teria o seu lugar apropriado e se esforçaria para alcançá-lo, como exemplo por ser de terra, um pedaço de barro não devidamente apoiado, caía ao chão, outro exemplo, por ser do ar, uma baforada de fumaça, iria subir, um terceiro exemplo, uma pena, sendo uma mistura de terra e ar, mas predominantemente de terra, iria cair ao chão, mas não tão rápido como havia caído um pedaço de barro. Para Aristóteles, segundo Hewitt (2002, p. 44), “*um objeto*

mais pesado deveria esforçar-se mais fortemente”, afirmando (Aristóteles) que os objetos deveriam cair com uma dada rapidez proporcional a seus pesos, ou seja, quanto mais pesado fosse o objeto, mais rápido este, deveria cair.

Aristóteles, conforme dispõe Hewitt (2002, p. 44), mencionava que *“o movimento natural poderia ser diretamente para cima ou para baixo, no caso de todas as coisas na Terra”,* ou *“poderia ser circular, no caso dos objetos celestes”*. Para Aristóteles, de acordo com o Autor Hewitt (2002, p. 44), ao contrário do movimento para cima e para baixo, o movimento circular não possuiria nem um começo, nem um fim, mas sim iria se repetir sem desvio. Aristóteles, conforme discorre o autor, acreditava que leis diferentes eram aplicadas aos céus e afirmava que os corpos celestes eram esferas perfeitas, que seriam formadas por uma substância perfeita e imutável, que fora denominada pelo próprio Aristóteles com o nome de *“quintessência”* e que o único objeto celeste contendo alguma alteração detectável em sua superfície, seria a Lua, onde os cristãos medievais influenciados pelas ideias de Aristóteles, de acordo com o Autor Hewitt (2002, p. 44), também afirmavam isso, dizendo que a Lua era um pouco contaminada pela Terra, devido a proximidade dela.

Ainda, Hewitt (2002, p. 44), discorre que o movimento violento idealizado por Aristóteles, diz respeito a outra classe de movimentos que resultavam de forças que puxavam ou empurravam. Aristóteles, conforme explicita o autor, acreditava que o movimento violento era um movimento imposto, como exemplo, uma pessoa empurrando um carro de mão ou sustentando um objeto pesado, acabava impondo um movimento, da mesma maneira que faz uma pessoa quando atira uma pedra ou vence num desafio conhecido como *“cabo de guerra”*. Também, Aristóteles, conforme discorre o autor Hewitt (2002, p. 45), afirmava que o vento impõe o movimento a um navio e que enchentes impunham movimentos a enormes rochas e a tronco de árvores. Para Aristóteles, de acordo com o autor, o fato que era essencial sobre o movimento violento era que ele tinha a causa externa e era comunicado aos objetos, onde, esses se moviam não por si próprios nem por sua natureza, mas por causa de empurrões e puxões.

Tal conceito de movimento violento que foi definido por Aristóteles, conforme afirmou o autor Hewitt (2002, p. 45), enfrentava dificuldades, pois nem sempre eram evidentes os empurrões e puxões, responsáveis por eles, onde, por exemplo, a corda de um arco, moveria uma flecha até que esta tivesse deixado tal arco, após isso, uma explicação posterior do movimento da flecha, parecia necessitar de algum outro agente propulsor. Aristóteles, consoante a afirmação do autor, imaginava que o ar que era expulso do caminho da flecha em movimento originava um efeito de

compressão sobre a parte traseira da flecha, quando o ar investisse para trás, com o propósito de evitar a formação de um vácuo, sendo então a flecha propelida pelo ar, “como um sabonete”, é propelido na banheira quando se aperta uma de suas extremidades.

Hewitt (2002, p. 45), concluindo, afirmou que Aristóteles pensava que todos os movimentos ocorriam devido a natureza do objeto movido, ou devido a empurrões e puxões mantidos, onde uma vez que tal objeto se encontrasse em seu lugar apropriado, ele não mais se moveria, a não ser que fosse obrigado por uma força e que, com exceção dos corpos celestes, o estado normal seria o de repouso.

2.3 Outras contribuições de Aristóteles a diversas disciplinas como a Biologia, a Filosofia, a Ética e a Política

Outras obras que foram escritas por Aristóteles, segundo os autores Cunha e Cardoso (2004, p.11), são o *tratado da alma (de anima)* que traz informações sobre o mundo vivo, seguido de pequenos tratados sobre diferentes funções como a sensação, a memória, a respiração, etc. Ainda, em relação a série que trata dos seres vivos, de acordo com os autores a obra principal é chamada de a *História dos Animais*, contendo o registro de várias e minuciosas observações.

Ainda, de acordo com as autoras, Cunha e Cardoso (2004, p.11), a sequência de obras que são dedicadas por Aristóteles a filosofia teórica é composta de catorze livros, sendo a filosofia primeira a que trata sobre os primeiros princípios e as primeiras causas de toda a realidade. Situados após os tratados que dizem respeito ao mundo físico, tais tratados acabaram recebendo a designação de metafísica.

Quanto a Metafísica, de acordo com Blanc, 2021, p. 49) Aristóteles, disse:

“Todos os homens, por natureza, anseiam o conhecimento. Uma indicação disso é o prazer que tomamos em nossos sentidos, pois mesmo sendo além de sua utilidade, eles são amados por si mesmos, e acima de todos os outros, o sentido da visão. Pois não só a visão para ação, porque mesmo quando não vamos agir em nada, preferimos a visão sobre quase todo o resto. A razão disso é que acima de todos os sentidos que nos faz saber, [a visão] traz à tona muitas diferenças entre as coisas”.

(Aristóteles, Metafísica).

Depois da filosofia teórica, seguiu-se no chamado *Corpus aristotelicum*, as obras conhecidas como obras de filosofia prática, dentre as quais a Ética e a Política.

No que se refere as versões encontradas, segundo as autoras, Cunha e Cardoso (2004, p.11), a principal é conhecida como *Ética a Nicômaco*, que teve esse nome porque o próprio filho de Aristóteles, foi quem primeiro a editou. Já a obra chamada *Ética a Eudemo* é conhecida hoje, como sendo a redação mais antiga da obra *Ética*

de Aristóteles, a qual foi editada pelo discípulo de Aristóteles conhecido como Eudemo de Rhodes.

De acordo com o autor Blanc (2021, p.49), no que se refere a Ética, o objetivo supremo do homem é a felicidade. Conforme afirma o mesmo autor, Aristóteles classifica o universo em duas regiões: o mundo supralunar e o mundo sublunar, sendo o mundo supralunar uma região que abrigaria os corpos celestes de movimento circular, uniforme e perfeito como um motor imóvel já o mundo sublunar seria composto pelos elementos fogo, terra, água e ar, onde, as diferentes combinações desses elementos formariam tudo o que há no mundo, onde essa região conforme afirma Blanc (2021, p.49) citando Aristóteles, seria uma região de imperfeição, geração e corrupção ou seja, nascimento, degeneração e morte e como o homem vive no mundo sublunar, estaria sujeito a imperfeição e a violência dos movimentos. Dessa maneira, caberia ao homem sabendo essas características, atingir a felicidade, evitar excessos, pois Aristóteles entendia que todo o excesso se transformaria no seu oposto, onde uma vida contemplativa, longe de perturbações do cotidiano, com uma conduta realizada de forma moderada, seria o caminho para se atingir a felicidade.

No que se refere a obra intitulada Política, como afirmam Cunha e Cardoso (2004, p.12), tal obra é na verdade um conjunto de oito livros, os quais acabaram não apresentando um encadeamento, tão rigoroso. A Política, é seguida da chamada *Retórica*, a qual acaba se vinculando, devido ao tema, a arte da argumentação que é exposta nos tópicos, do *Organon*. Ao final, ainda de acordo com as autoras, o *Corpus aristotélicum* traz a obra *Poética*, a qual acabou restando apenas um fragmento.

Por fim, de acordo com as autoras Cunha e Cardoso (2004, p.12), além desses trabalhos de Aristóteles, que são considerados autênticos, o *Corpus aristotélicum*, também abrangeria alguns escritos considerados pela crítica como apócrifos como os títulos *Sobre o Mundo (De Mundo)*, os *Problemas*, o *Econômico* e o *Sobre Melisso, Xenofânes e Górgias*.

Quanto ao legado que foi deixado por Aristóteles, Blanc (2021, p.51) afirmou que Aristóteles acabou escrevendo uma verdadeira enciclopédia sobre a natureza, a sociedade e os indivíduos, classificando tudo em pormenores, onde tentou definir cada coisa, em o que é (gênero), e o que não se assemelha (diferenças), propondo desta sorte, uma hierarquização de todas as coisas. Aristóteles, segundo Blanc, acabou contribuindo para todos os campos do conhecimento humano, o que acabou fazendo dele uma das pessoas com maior influência que se tem notícia até hoje. Seus estudos, conforme afirma Blanc (2021, p.51), foram tão notáveis, quanto a crítica oriunda depois, a ponto de um dos mais influentes filósofos britânicos, que foi

Bertrand Russel, afirmar que *“quase todo o avanço intelectual sério teve de começar com um ataque a alguma doutrina aristotélica”*.

De acordo com HEWITT (2002, p. 45), *“o propósito de Aristóteles era sistematizar o conhecimento existente, exatamente como Euclides sistematizara a Geometria”*.

Ainda, em conformidade com o autor, as afirmações de Aristóteles a respeito do movimento acabaram constituindo o início do denominado pensamento científico, e embora ele próprio não as considerasse como palavras finais sobre o assunto, seus seguidores mantiveram-nas, por quase dois mil anos. A noção que o estado normal de um objeto era o repouso, estava implícita no pensamento antigo, no medieval bem como no pensamento do início do renascimento. A maioria dos pensadores até o século dezesseis, acreditava que a terra ocupava o seu lugar apropriado, sendo inconcebível uma força capaz de movê-la, tendo a ideia clara de que a Terra não se movia.

3 CONCLUSÃO

Aristóteles (384-322 a.C.), foi sem dúvida nenhuma um dos pensadores que contribuiu em muito para o desenvolvimento da Filosofia, da Biologia, das Ciências e principalmente para a evolução da Física.

A importância de Aristóteles para a evolução da Física é tamanha que seus pensamentos e teorias foram perpetrados por cerca de dois mil anos, sendo inúmeros utilizados até o presente momento como a lógica e suas premissas.

Seus pensamentos, teorias e proposições, serviram de base para a crítica construtiva, dos pensadores que o seguiram principalmente Galileu Galilei (1564-1642), e Isaac Newton (1642-1727), quanto a propositura da Lei da Gravitação Universal¹, das 3 leis de Newton², bem como outros fundamentos que regem os enunciados da Física e da mecânica clássica.

¹ De acordo com Hewitt (2002, p. 157), a lei da gravitação universal que foi desenvolvida por Newton (Isaac Newton) diz respeito a forma de proporcionalidade que pode ser expressa como uma equação exata quanto uma constante de proporcionalidade G é introduzida, chamada de constante da gravitação universal, a qual tem a seguinte equação: $(F) = (G) \times (M1) \times (m2) / (d)^2$

Onde a força da gravidade entre dois objetos é obtida multiplicando-se suas massas, dividindo pelo quadrado da distância entre seus centros e depois multiplicando esse resultado pela constante G . O Valor de G é dado pela força entre dois corpos de 1 kg cada que estão afastados 1 metro um do outro: 0,0000000000667.

² Segundo Hewitt (2002, p. 48), quanto a primeira Lei de Newton sobre o movimento, a ideia de Aristóteles a qual um objeto móvel deve estar sendo propulso por uma força constante foi completamente alterada por Galileu Galilei, o qual afirmou que na ausência de uma força, um objeto móvel deverá continuar se movendo. Essa tendência das coisas de resistir a mudanças no seu movimento, foi o que Galileu acabou chamando de inércia. Newton refinou a ideia de Galileu e formulou a sua primeira lei, que é constantemente denominada da lei da inércia, a qual afirma: *“Todo objeto permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme numa linha reta, a menos que seja obrigado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele”*. Conforme afirma Hewitt (2002, p. 77), o enunciado da segunda lei de Newton é *“A aceleração de um objeto é diretamente proporcional à força resultante atuando sobre ele; tem o mesmo sentido que esta força e é inversamente proporcional à massa do objeto”*.

Por fim, de acordo com Hewitt (2002, p. 87), o enunciado da terceira lei de Newton é *“sempre que um objeto exerce uma força sobre um outro objeto, este exerce uma força igual e oposta sobre o primeiro”*.

Aristóteles sem dúvida nenhuma foi um dos pensadores que acendeu o estopim que deu início tanto para evolução da Filosofia, da Ciências, da Biologia, da Física entre outras disciplinas, sendo para sempre lembrado e mencionado nos mais diversos trabalhos que surgiram e que ainda surgirão.

REFERÊNCIAS

BLANC, Claudio. **A história da filosofia**. Barueri, SP: Camelot, 2021.

CHALTON, Nicola; MACARDLE, Meredith; tradução Milton Chaves. **A história da ciência para quem tem pressa**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Valentina, 2017.

CUNHA, Eliel Silveira; CARDOSO, Fernanda. **Aristóteles**. São Paulo: Editora Nova Cultural, 2004.

HEWITT, Paul. G.. **Física conceitual**. 9ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.



CAPÍTULO 13

O GÊNIO CHAMADO ISAAC NEWTON E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA AS CIÊNCIAS

Adriano Remorini Tralback¹
Ana Paula Rodrigues²

DOI: 10.46898/rfb.9786558892571.13

¹ Professor Mestre em Ciências tralback@gmail.com, adriano.tralback@alumni.usp.br, CV: <http://lattes.cnpq.br/9420304194212151> ID: Lattes ID 9420304194212151
² Professora Doutora em Educação (Orientadora) CV: <http://lattes.cnpq.br/6034763904727969>, ID Lattes: 6034763904727969

RESUMO

O objetivo do corrente trabalho, é discorrer sobre todas as contribuições que foram realizadas por Isaac Newton em prol das Ciências. Quanto ao método empregado, foi utilizada como metodologia científica uma pesquisa bibliográfica, envolvendo a pesquisa em vários livros, sobre o tema, que foi o alvo do estudo realizado. Quanto aos resultados obtidos tem-se as contribuições que foram apresentadas por Isaac Newton nas mais diversas áreas das Ciências, como a Astronomia, Física, a Matemática, para a evolução destas, principalmente no que tange ao desenvolvimento do cálculo. Quanto as conclusões observou-se a grande importância dos estudos e obras realizadas por Newton que acabaram mudando vários os conceitos físicos do mundo, os quais eram propagados por quase dois mil anos, desde a época de Aristóteles e serviram de base para o entendimento da chamada mecânica clássica.

Palavras-chave: Newton. Ciências, Física, Importância.

ABSTRACT

The objective of the current work is to discuss all the contributions that were made by Isaac Newton in favor of the Sciences. As for the method used, a bibliographic research was used as a scientific methodology, involving research in several books on the subject, which was the target of the study carried out. As for the results obtained, there are the contributions that were presented by Isaac Newton in the most diverse areas of Science, such as Astronomy, Physics, Mathematics, for their evolution, especially with regard to the development of calculus. As for the conclusions, the great importance of the studies and works carried out by Newton was observed, which ended up changing several physical concepts of the world, which were propagated for almost two thousand years, since the time of Aristotle and served as a basis for the understanding of the so-called classical mechanics.

Keywords: Newton. Science, Physics, Importance.

1 INTRODUÇÃO

O presente artigo científico, relativo ao trabalho de conclusão do curso de pós-graduação Lato sensu do Ensino de Ciências, pela Faculdade Venda Nova do Imigrante, Faveni, visa abordar todos os estudos e as obras de Isaac Newton, descrevendo como foi a vida do mesmo, suas histórias, obras e quais foram as principais contribuições deste Físico, para a evolução das Ciências como a Matemática, através

do cálculo, da Física as três leis de Newton e a Lei da Gravitação Universal, da astronomia com a criação e respectiva construção do chamado telescópio newtoniano .

O principal problema apresentado no corrente artigo é como fazer com que o público em geral, tenha conhecimento de forma simples e organizada da história de Isaac Newton e quais foram todas as suas contribuições para a evolução das Ciências ?

Como principais hipóteses a serem lançadas estão o momento histórico vivido pelo mesmo e as contribuições que foram idealizadas por ele e que serviram de base através de uma crítica posterior, para o desenvolvimento de outras teorias.

O objetivo principal do trabalho é criar uma síntese, uma sinopse, a respeito desse grande pensador que foi Aristóteles, o qual marcou sua época em relação ao estudo da Filosofia, das Ciências, da Biologia, da Física bem como outras disciplinas.

Já como objetivo específico, é realizar uma pesquisa minuciosa, sobre as obras que foram produzidas por Aristóteles, sua vida, sua história e quais foram as contribuições fornecidas para a formação da Física.

Como justificativa e relevância para a Sociedade e para a comunidade científica, esta a contribuição que o presente artigo ira ter em relação a futuras pesquisas bibliográficas relacionadas ao tema.

Em relação ao corrente artigo científico, foi utilizada como metodologia científica uma pesquisa bibliográfica, envolvendo a pesquisa em vários livros, sobre o tema, objeto do estudo realizado.

Por fim a estrutura do presente trabalho será realizado em forma de itens envolvendo a vida, obra(s), história e contribuições que foram prestadas por Newton para o desenvolvimento e a evolução da Ciência em seus vários aspectos.

2 DESENVOLVIMENTO

Um dos pensadores que contribuiu imensamente para o desenvolvimento da Ciência e todas as matérias correlatas é Isaac Newton, nascido em Woolsthorpe, que é uma aldeia localizada na cidade de Lincolnshire, Inglaterra, em 04 de janeiro de 1642 e viveu até 31 de março de 1727.

2.1 A Vida e a História de Isaac Newton

De acordo com Hewitt (2002, p.49), Issac Newton nasceu prematuramente no mesmo ano da morte de Galileu Galilei, onde lugar que nasceu Newton foi a casa da fazenda de sua mãe em Woolsthorpe, na Inglaterra. Segundo o autor, o pai de Newton morreu alguns meses antes do nascimento do mesmo, sendo que Newton então, cresceu sob os cuidados de sua mãe e sua avó.

Conforme afirma Hewitt (2002, p.49), ainda, quando era criança, Newton não revelou qualquer sinal de brilho, sendo aos catorze anos e meio de idade, retirado da escola para trabalhar na fazenda de sua mãe. Porém seu trabalho como fazendeiro não prosperou, preferindo ler livros que ele tomava emprestado de um vizinho o qual era farmacêutico. Foi quando, conforme discorreu o autor Hewitt (2002, p.49), um tio, percebendo o potencial acadêmico de Newton, lhe persuadiu a estudar na Universidade de Cambridge, a qual ele frequentou pelo período de 5 anos, graduando-se sem uma distinção particular.

Foi então que, de acordo com o autor Hewitt (2002, p.49), uma peste (a peste Negra), infestou Londres e por sorte, Newton com 23 anos de idade acabou retirando-se novamente para a fazenda de sua mãe, para trabalhar nas diversas áreas da Ciência, que o tornariam imortal, por suas ideais e teorias.

Hewitt (2002, p.49), afirmou que a visão da queda da maçã, ao chão, fez com que Newton considerasse que a força da gravidade acaba se estendendo até a Lua e mais além, foi quando o mesmo formulou a teoria da gravitação universal.

Além disso, de acordo com Hewitt (2002, p.49), Newton também inventou o cálculo, que é uma ferramenta matemática indispensável a Ciência. Newton como afirma o autor, ainda acabou estendendo o trabalho de Galileu Galilei e formulou as 3 leis consideradas fundamentais quanto ao movimento. Ainda, Newton segundo Hewitt (2002, p.49), acabou formulando a teoria da natureza da luz, com a utilização de prismas, demonstrou que a luz branca é composta por todas as cores do arco-íris, onde, foram esses primeiros experimentos utilizando os prismas que o tornaram famoso.

Quando a peste negra cedeu, conforme afirma Hewitt (2002, p.49), Newton retornou a Cambridge e estabeleceu sua reputação como um matemático de primeira grandeza. Foi então, que seu professor acabou renunciando e sem favor e Newton foi escolhido como professor de cátedra de matemática da Universidade de Cambridge, na Inglaterra, posto esse mantido por Isaac Newton pelo período de 28 anos.

No ano de 1672, de acordo com o autor, Newton foi eleito para fazer parte da Royal Society, onde acabou exibindo o primeiro telescópio refletor, de sua invenção, ao mundo. Tal instrumento, segundo consta, ainda pode ser visto, preservado na biblioteca da Royal Society, em Londres na Inglaterra, com os seguintes dizeres: “O primeiro telescópio refletor inventado por Sir Isaac Newton, e construído por suas próprias mãos”.

De acordo com Hewitt (2002, p.49), com a idade de 46 anos, Newton acabou se afastando um pouco da Ciência, quando acabou sendo eleito para o parlamento, onde compareceu as sessões por 2 anos, segundo consta, jamais fazendo qualquer discurso. Hewitt afirma, que certo dia, Newton estando no parlamento, levantou-se e a casa ficou em silêncio para ouvir o que ele, esse brilhante cientista iria dizer, porém a fala de Newton acabou sendo muito breve, onde ele apenas pediu que uma janela fosse fechada por causa de uma corrente de ar, que estava adentrando ao recinto.

Hewitt, (2002, p.49), discorreu em sua obra, afirmando que um maior afastamento de Newton em relação a Ciência, acabou ocorrendo quando o mesmo foi escolhido como guardião e depois mestre da casa da moeda, ainda, os autores, MacArdle e Chalton (2017, p. 63), afirmaram que Newton ajudou a reformar a Casa da Moeda.

O autor Hewitt, (2002, p.49), afirmou que Newton renunciou a seu cargo de professor e dirigiu seus esforços para melhorar significativamente os trabalhos da casa da moeda, para o declínio dos falsificadores que estavam prosperando naquele período.

De acordo com MacArdle e Chalton (2017, p. 63), Newton foi eleito presidente para a Royal Society, no período de 1703 em diante, Hewitt (2002, p.49), discorreu que Newton manteve seu lugar na Royal Society, foi eleito presidente e desde de então foi reeleito todos os anos pelo resto de sua vida.

A título de curiosidade a respeito da biografia de Isaac Newton, Hewitt (2002, p.49), detalhou em sua obra que embora o cabelo de Newton tivesse se tornado grisalho a partir dos 30 anos de idade, ele manteve-se cheio, comprido e ondulado, por toda a vida deste cientista, onde, diferentemente de outros de seu tempo, Newton não usava peruca, a qual era comum, no parlamento britânico, naquela época.

Ainda, o autor, Hewitt (2002, p.49), afirmou que Isaac Newton era um homem modesto, muito sensível a crítica e que jamais se casou e quando perguntaram a

Newton como ele foi capaz de ter efetuado tantas descobertas científicas, o mesmo respondeu que tais soluções foram encontradas não através de uma iluminação súbita, mas depois de pensar nelas durante e por muito tempo, até resolvê-las.

Newton permaneceu com boa saúde tanto corpórea quanto mental até a idade avançada. Segundo consta, de acordo com o autor, aos 80 anos, Newton possuía todos os dentes na boca e a visão e audição continuavam aguçadas, e sua mente estava sempre alerta.

Newton, de acordo com MacArdle e Chalton (2017, p. 63), recebeu em 1705, o título de cavaleiro, que é uma honraria muito especial aferida na Inglaterra, sendo condecorado com esse título de cavaleiro, de acordo com Hewitt (2002, p.49), pela rainha da Inglaterra, que na época era Anne.

O autor Hewitt (2002, p.49), ainda afirmou que Newton morreu com a idade de 85 anos e foi enterrado na abadia de Westminster, junto aos reis e heróis da Inglaterra, e que Newton acabou mostrando que o Universo seguia de acordo com leis naturais, que não eram maliciosas nem mesmo malévolas, conhecimento este, que acabava fornecendo esperança e inspiração a cientistas, escritores, artistas, filósofos e demais pessoas, as quais acabavam liderando a chamada Idade da Razão e que as ideias e as visões de Newton, serviram de transformação para o mundo, elevando a condição humana.

2.2 As obras e as contribuições para a evolução da Ciência, da Física, da Matemática e Astronomia que foram feitas por Newton

De acordo com MacArdle e Chalton (2017, p. 62), quando precisou ficar na casa dos pais, devido a peste negra ter chegado na Inglaterra, onde por este motivo, a Universidade de Cambridge foi fechada, Newton acabou desenvolvendo avanços científicos extraordinários, muito embora suas ideias somente acabaram sendo publicadas, vários anos depois.

Quanto as teorias de mecânica que foram desenvolvidas por Newton, segundo Hewitt (2002, p. 157), a lei da gravitação universal que foi desenvolvida por Newton (Isaac Newton) diz respeito a forma de proporcionalidade que pode ser expressa como uma equação exata quanto uma constante de proporcionalidade G é introduzida, chamada de constante da gravitação universal, a qual tem a seguinte equação: $(F) = (G) \times (M1) \times (m2) / (d)^2$

Onde a força da gravidade entre dois objetos é obtida multiplicando-se suas massas, dividindo pelo quadrado da distância entre seus centros e depois multipli-

cando esse resultado pela constante G . O Valor de G é dado pela força entre dois corpos de 1 kg cada que estão afastados 1 metro um do outro: 0,0000000000667.

Segundo Hewitt (2002, p. 48), quanto a primeira Lei de Newton sobre o movimento, a ideia de Aristóteles a qual um objeto móvel deve estar sendo propelido por uma força constante foi completamente alterada por Galileu Galilei, o qual afirmou que na ausência de uma força, um objeto móvel deverá continuar se movendo. Essa tendência das coisas de resistir a mudanças no seu movimento, foi o que Galileu acabou chamando de inércia. Newton refinou a ideia de Galileu e formulou a sua primeira lei, que é constantemente denominada da lei da inércia, a qual afirma: *“Todo objeto permanece em seu estado de repouso ou de movimento uniforme numa linha reta, a menos que seja obrigado a mudar aquele estado por forças imprimidas sobre ele”*.

Conforme afirma Hewitt (2002, p. 77), o enunciado da segunda lei de Newton é *“A aceleração de um objeto é diretamente proporcional à força resultante atuando sobre ele; tem o mesmo sentido que esta força e é inversamente proporcional à massa do objeto”*.

Já o enunciado da terceira lei de Newton de acordo com Hewitt (2002, p. 87), dispõe que: *“sempre que um objeto exerce uma força sobre um outro objeto, este exerce uma força igual e oposta sobre o primeiro”*.

Segundo os autores, MacArdle e Chalton (2017, p. 63), Newton era bastante sensível a críticas, onde, em 1671, quando suas primeiras teorias sobre a luz e as cores acabaram não sendo muito bem sucedidas, ele acabou se isolando em seu gabinete e passou a se dedicar a alquimia.

MacArdle e Chalton (2017, p. 63), relataram que Newton também escreveu muita coisa relacionada a alquimia, a história antiga e aos estudos bíblicos.

De acordo com Hewitt (2002, p.49), quando Newton se encontrava com 42 anos de idade, começou a escrever o que é considerado o maior livro científico já escrito, a obra intitulada *“Principia Mathematica Philosophiae Naturalis”*, esse livro foi escrito em Latim e foi terminado em 18 meses, aparecendo impresso em 1687, não sendo impresso em inglês até 1729, dois anos depois da morte de Newton.

Hewitt (2002, p.49), também mencionou em sua obra que Newton aos 62 anos de idade, escreveu a obra intitulada *Opticks*, a qual acabou resumindo o seu trabalho sobre a luz e 9 anos mais tarde, escreveu a segunda edição de sua obra *Principia*.

3 CONCLUSÃO

Isaac Newton sem dúvida nenhuma foi um dos mais brilhantes cientistas que contribuiu em muito para a evolução da Ciência, nas mais diferentes disciplinas como a Matemática (com o cálculo), a Física (a Teoria da gravitação Universal, as 3 Leis de Newton: Inércia, que a força é o produto da massa pela aceleração e Lei da Ação e Reação, a Astronomia (telescópio refletor, que também é conhecido como telescópio Newtoniano). A contribuição deste gênio, chamado Isaac Neston foi tamanha que a física costuma ser dividida em Física Mecânica Clássica a qual estuda os movimentos do cotidiano que é relacionada a Newton, Galileu Galilei, Johannes Klepler e a Física Relativista, relacionada as ideias relativistas de Albert Einstein e Física Quântica baseada nos estudos de Max Plank e *Erwin Schrödinger*.

REFERÊNCIAS

CHALTON, Nicola; MacArdle, Meredith; tradução Milton Chaves. **A história da ciência para quem tem pressa**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Valentina, 2017.

HEWITT, Paul. G.. **Física conceitual**. 9ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.



PESQUISAS EM TEMAS DE Ciências Exatas e da Terra

VOLUME 3

PESQUISAS EM TEMAS DE Ciências Exatas e da Terra

VOLUME 3

RFB Editora
Home Page: www.rfbeditora.com
Email: adm@rfbeditora.com
WhatsApp: 91 98885-7730
CNPJ: 39.242.488/0001-07
Av. Augusto Montenegro, 4120 - Parque Verde,
Belém - PA, 66635-110

