

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:

Conhecimentos didático-pedagógicos
e o ensino-aprendizagem 2



Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:

Conhecimentos didático-pedagógicos
e o ensino-aprendizagem 2



Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

 Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe	
Prof ^a Dr ^a Antonella Carvalho de Oliveira	
Editora executiva	
Natalia Oliveira	
Assistente editorial	
Flávia Roberta Barão	
Bibliotecária	
Janaina Ramos	
Projeto gráfico	
Bruno Oliveira	
Camila Alves de Cremo	2022 by Atena Editora
Luiza Alves Batista	Copyright © Atena Editora
Natália Sandrini de Azevedo	Copyright do texto © 2022 Os autores
Imagens da capa	Copyright da edição © 2022 Atena Editora
iStock	Direitos para esta edição cedidos à Atena
Edição de arte	Editora pelos autores.
Luiza Alves Batista	Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof^a Dr^a Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Prof^a Dr^a Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof^a Dr^a Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profº Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profº Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profº Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profº Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profº Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profº Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Ciências exatas e da terra: conhecimentos didático-pedagógicos e o ensino-aprendizagem 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569 Ciências exatas e da terra: conhecimentos didático-pedagógicos e o ensino-aprendizagem 2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0621-1

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.211222510>

1. Ciências exatas - Estudo e ensino. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 507

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declararam que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

O e-book: “Ciências exatas e da terra: Conhecimento didático-pedagógicos e o ensino-aprendizagem 2” é constituído por seis capítulos de livros divididos em três áreas distintas: *i)* avaliação de processo de ensino-aprendizagem em ciências e matemática; *ii)* produtos naturais, biomassa vegetal, histórico do Córrego Alegre/MG e; *iii)* avaliação do efeito da inclinação do ângulo no desempenho de parâmetros elétricos de um módulo fotovoltaico.

O capítulo 1 avaliou questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) entre o período de 2016 a 2020 que aborda a função logarítmica, segundo os autores existe uma necessidade do professor de matemática conhecer melhor a estrutura das questões do ENEM, a fim de empregar metodologias mais efetivas e capazes de promover o protagonismo dos estudantes do ensino médio. O segundo capítulo procurou abordar o tema “adubos orgânicos” a partir de uma oficina sobre compostagem realizada no Instituto Federal de Goiás/campus Uruaçu, os autores concluíram que a oficina possibilitou complementar o processo de ensino-aprendizagem em Química para alunos do 2º ano do curso Técnico Integrado em Química.

O terceiro capítulo investigou a atividade antimicrobiana a partir de extratos das folhas e raízes da jaqueira (*Artocarpus heterophyllus Lamk*), os resultados apontaram a inibição de todas as cepas de *E. coli*, *L. monocytogenes* e *S. enteritidis* em função da elevada quantidade de fenóis totais (24,92%) e flavonóides (0,77%) presente nas folhas. O capítulo 4 apresentou um estudo de carbono e biomassa aérea a partir da espécie arbórea Guanandi (*Calophyllum brasiliense*) encontrado no município de Dueré/TO, os pesquisadores concluíram que o processo de decomposição da serrapilheira contribui diretamente para a transferência de carbono e retorno dos nutrientes para o solo.

O quinto capítulo buscou confirmar ou não a existência de um marco cartográfico em relação ao Córrego Alegre localizado na BR-153 entre as cidades de Frutal a Prata no estado de Minas Gerais, os pesquisadores concluíram que existe um Vértice próximo ao Córrego Alegre e que há a necessidade de se preservar e gerar um referencial histórico do nome Córrego Alegre. Por fim, o sexto capítulo estudou a influência da inclinação das estruturas fixas nos parâmetros elétricos de um módulo fotovoltaico localizado na região do Baixo Tocantins – PA (próximo a linha do equador) a partir da análise de parâmetros elétricos, os pesquisadores verificaram que as correntes e potência no ponto máximo caem gradualmente, enquanto ocorre um aumento gradual das tensões.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	1
ANÁLISE DAS QUESTÕES DE MATEMÁTICA DO ENEM (2016-2020) REFERENTE À FUNÇÃO LOGARITMICA	
Fabricio da Silva Lobato	
Alexandre Jules Aviz dos Santos Saraiva	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2112225101	
CAPÍTULO 2.....	16
A COMPOSTAGEM COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM	
Antonio Pereira de Oliveira	
Lidiaíne Maria dos Santos	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2112225102	
CAPÍTULO 3.....	26
ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE EXTRATOS ALCOÓLICOS DAS FOLHAS E RAÍZES DA JAQUEIRA (<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lamk.), FRENTE AS CEPAS DE <i>L. monocytogenes</i> , <i>E. coli</i> e <i>S. enteritidis</i>	
Leonardo Rocha dos Santos	
Juliana Cristina da Silva Rebolho	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2112225103	
CAPÍTULO 4.....	37
CARBONO E BIOMASSA AÉREA EM PLANTIOS DE <i>Calophyllum brasiliense</i> NO SUL DO TOCANTINS	
Maria Cristina Bueno Coelho	
Mauro Luiz Erpen	
Juliana Barilli	
Maurilio Antonio Varavallo	
Mathaus Messias Coimbra Limeira	
Marcos Giongo	
Damiana Beatriz da Silva	
Jair da Costa Oliveira Filho	
Max Vinicios Reis de Sousa	
Wádilla Morais Rodrigues	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2112225104	
CAPÍTULO 5.....	56
DATUM CÓRREGO ALEGRE: O ESTADO DA ARTE DE SUA EXISTÊNCIA OU NÃO	
Antônio Carlos Freire Sampaio	
Adriany de Ávila Melo Sampaio	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.2112225105	
CAPÍTULO 6.....	71
EFEITO DO ÂNGULO DE INCLINAÇÃO NO DESEMPENHO E PARÂMETROS ELÉTRICOS	

DE MÓDULO FOTOVOLTAICO: ESTUDO DE CASO PARA LOCALIDADES PRÓXIMA A
LINHA DO EQUADOR

Silvio Bispo do Vale

Kayt Nazaré do Vale Matos

Wanderley Sena dos Santos

Tatiane Perna Rodrigues

Marinaldo de Jesus dos Santos Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2112225106>

SOBRE O ORGANIZADOR.....81

ÍNDICE REMISSIVO.....82

CAPÍTULO 1

ANÁLISE DAS QUESTÕES DE MATEMÁTICA DO ENEM (2016-2020) REFERENTE À FUNÇÃO LOGARÍTMICA

Data de aceite: 03/10/2022

Fabricio da Silva Lobato

Mestrando em Ensino de Matemática
Universidade do Estado do Pará

Alexandre Jules Aviz dos Santos Saraiva

Mestrando em Matemática e Estatística
Universidade Federal do Pará

RESUMO: O presente artigo tem como objetivo fazer uma análise das questões de Matemática da Prova do Enem do ano de 2016 até 2020 envolvendo Função Logarítmica. Mostrar que conhecendo as características das questões de Função Logarítmica é essencial para o professor escolher a melhor metodologia de ensino que possa potencializar a aprendizagem do aluno sendo que é uma forma de sair do modelo tradicional de ensino. Utilizamos como referências os Documentos Oficiais do Inep para obter bases teóricas para analisar as questões de matemática. Por meio desta análise apresentamos reflexões e apontamentos para os professores de Matemática do Ensino Médio. O professor tem que transformar o aluno em protagonista de sua aprendizagem e não um mero espectador, e assim sair do modelo tradicional de ensino e trabalhar as aulas de Matemática iniciando com as competências e habilidades exigidas no Enem.

PALAVRAS-CHAVE: Função Logarítmica, Formação de Professor, ENEM.

ANALYSIS OF ENEM MATHEMATICS QUESTIONS (2016-2020) REGARDING THE LOGARITHMIC FUNCTION

ABSTRACT: This article aims to analyze the Mathematics questions of the Enem Test from 2016 to 2020 involving Logarithmic Function. To show that knowing the characteristics of the Logarithmic Function questions is essential for the teacher to choose the best teaching methodology that can enhance student learning, which is a way out of the traditional teaching model. We used Inep's Official Documents as references to obtain theoretical bases for analyzing mathematics issues. Through this analysis, we present reflections and notes for High School Mathematics teachers. The teacher has to transform the student into the protagonist of their learning and not a mere spectator, and thus leave the traditional teaching model and work in Mathematics classes starting with the skills and abilities required in the Enem.

KEYWORDS: Logarithmic Function, Teacher Training, ENEM.

1 | INTRODUÇÃO

Hoje vivemos em um mundo de constante transformação, a informação de rapidamente torna-se ultrapassada, estamos rodeados de tecnologias que nos permitem ter acesso de forma fácil a qualquer conteúdo de vários os gêneros.

Com isso o aluno já traz algum conhecimento com ele para sala de aula e

o professor deve saber explorar esse conhecimento, e desenvolver uma aprendizagem voltada para o desenvolvimento de habilidades e competências.

Os documentos oficiais como PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais) e a BNCC(Base Nacional Curricular Comum) e até mesmo o próprio Enem(Exame Nacional do Ensino Médio) têm colocado uma conciliação com uma aptidão mundial, dessa forma necessitando que a educação brasileira centralize o ensino e aprendizagem no desenvolvimento de competências e habilidades por parte do aluno, em lugar de um conteúdo conceitual.

Segundo Paulo Freire (2002), educar é construir, é libertar o homem do determinismo, passando a reconhecer o seu papel na História. A identidade do estudante deve ser respeitada, suas experiências consideradas, para que o trabalho educativo tenha êxito. Dessa forma através da educação devemos estimular os alunos e oferecer condições para que a aprendizagem ocorra de forma integrada e possam contribuir para o desenvolvimento de suas capacidades.

Para Marques (2006), o “homem se pode definir como ser que aprende. Não surge ele feito ou pré-programado de vez. Sua existência não é por inteiro dada ou fixa; ele a constrói a partir de imensa gama de possibilidades em aberto”. Ou seja, o ser humano é um ser que aprende o tempo todo, a partir de suas experiências e de sua maneira de ver o mundo.

De acordo com Vygotsky (1998), a aprendizagem é um processo intrínseco e complementar, pois representa um elemento importante na questão educacional, dessa forma a aprendizagem ocorre muito antes de se frequentar a escola.

Pensando nesta nova realidade na educação o Brasil se dedicou em criar mecanismos que dessem assistência a essa nova forma de pensar a educação. Cogitando essa metamorfose na educação o Brasil em 1998 criou o Exame Nacional do Ensino Médio ENEM que é uma prova aplicada anualmente de caráter individual que possibilita ao aluno uma auto - avaliação, é uma ferramenta que mostra a realidade da educação no país. O ENEM tem o objetivo de fazer com que a educação se volte para o desenvolvimento da capacidade cognitiva do aluno.

Reformulado em 2009, o ENEM se tornou um mecanismo de ingresso nas universidades públicas e privadas na medida em que o governo ampliava e modificava a política de acesso ao ensino superior. Uma alteração evidente foi à substituição do vestibular tradicional por um exame único, aplicado em todo o país. Logo o ENEM precisou ser renovado passou, então a ter 180 questões de múltiplas escolhas divididas em quatro áreas do conhecimento (linguagens e códigos e suas tecnologias, Ciências Humanas e suas tecnologias, Ciências da Natureza e suas tecnologias e Matemática e suas tecnologias) e uma proposta de redação e aplicabilidade do exame passou para dois dias.

No ano de 2017 o Enem passou a ser aplicado em 2 domingos consecutivos passando novamente por modificações, sendo que no primeiro domingo é aplicado prova

de Redação, linguagens e Ciências Humanas, já no segundo domingo tem-se aplicação de Matemática e Ciências da Natureza.

Em 2020 o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) aplicou pela primeira vez o Enem digital, que passa a ser uma novidade desse exame, e que provavelmente trará novas mudanças no Enem.

O ENEM em todas suas questões traz competência e habilidades que o aluno absorve na escola ou no decorrer de sua vida cotidiana. Mas o maior desafio para o professor é fazer com que o aluno saiba distinguir essas competências e habilidades.

O objetivo do artigo é analisar as questões da prova de Matemática do Enem, de forma específica vamos analisar os itens envolvendo *Função Logarítmica*.

A intenção é de conhecer as características dos itens de Função Logarítmica na prova do Enem, para que o professor de Matemática possa usar a melhor metodologia de ensino para desenvolver as competências e habilidades exigidas na matriz de referência do Enem.

A matriz de referência do Enem é um documento que é composto pelos eixos cognitivos, objetos do conhecimento, competências e habilidades que o aluno precisa desenvolver para realizar tal prova.

Diante disso, o professor de matemática que vai ensinar Função Logarítmica para prova do Enem, precisa conhecer as competências e habilidades relacionadas com a Função Logarítmica que é um objeto matemático cobrado na matriz de referência.

O professor de Matemática conhecendo bem a matriz de referência e as características das questões de Função Logarítmica na prova do Enem, com esse conhecimento o professor pode escolher uma metodologia de ensino que leve o aluno a desenvolver as competências e habilidades exigidas, e com isso consiga aprender Função Logarítmica de forma eficiente, para que o estudante possa potencializar a sua aprendizagem.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEORICO-METODOLOGICA DO ENEM

O Exame nacional do ensino médio o (ENEM), foi desenvolvido com enfoque na avaliação das estruturas mentais com as quais construímos continuamente o conhecimento e não apenas na memória. Essas estruturas se devolvem durante ao decorrer de nossas vidas, pensando neste ponto o ENEM tomou como alvo as competências e habilidades básicas que acumulamos no ambiente escolar ou nosso cotidiano.

Segundo o INEP (1999) O ENEM estabelece competências e habilidades específicas para a disciplina de matemática chamada no ENEM de matemática e suas tecnologias, pois é uma ciência construída e organizada pelo homem, que naturalmente se processa em um estágio de evolução, estabelecendo relações com as diversas áreas do conhecimento. Dessa forma, a educação matemática visa à construção de um saber que capacite os alunos a pensarem, a refletirem sobre a realidade, e desenvolvendo seu raciocínio lógico,

a resolvendo problemas, dentre outros. Pois matemática é:

Expor ideias próprias, escutar as dos outros, formular e comunicar procedimentos de resolução de problemas, confrontar, argumentar e procurar validar seu ponto de vista, antecipar resultados de experiências não realizadas, aceitar erros, buscar dados que faltam para resolver problemas, entre outras coisas. Portanto, o trabalho com a Matemática pode contribuir para a formação de cidadãos autônomos, capazes de pensar por conta própria, sabendo resolver problemas. (RCNEI, 1998, p. 207)

O grande desafio hoje com o novo modelo do ENEM para o professor é colocar o aluno na “situação – problema”. Segundo Macedo (1999) a situação-problema, em um contexto de avaliação, é definido por uma questão que coloca um problema, ou seja, faz uma pergunta e oferecem alternativas, das quais apenas uma corresponde ao que é certo quanto ao que foi enunciado. Para isso, a pessoa deve analisar o conteúdo proposto na situação-problema e recorrendo às habilidades (ler, comparar, interpretar, etc.) decidir sobre a alternativa que melhor expressa o que foi proposto. Mas em muitos casos o aluno não consegue assimilar a resolução das questões de matemática.

O ENEM utilizar em todas as suas questões a “situação problema” que faz o aluno refletir e pensar sobre determinado assunto, pensando por este ângulo Macedo (1999), diz que uma boa situação - problema é aquela que apresenta um percurso a ser percorrido, ou seja o aluno deve ter o que o autor chama de *Alteração*. A alteração diz respeito a uma modificação a ser considerada pelo sujeito, ou seja o ENEM da a situação-problema, no seu enunciado, cria um contexto que formula uma alteração a ser examinada convidando o aluno a reagir e pensar o que iria fazer a se estivesse naquela situação.

Se o aluno mediante aquela circunstância proposta na situação – problema ele faz uma alteração automaticamente ele ativa a segunda fazer do ciclo que Macedo (1999) chama de perturbação, ou seja, assimilando uma alteração como um problema é se permitir busca uma resposta que, que propõe um mínimo de perturbação.

A perturbação produz no individuo um desequilíbrio, rompe com a harmonia do que o sujeito sabia ou pensava sobre um determinado assunto, Macedo (1999) argumenta que com a perturbação inicia se o terceiro nível da situação problema que é a regulação que é a recuperação do equilíbrio rompido pela pergunta ou problema proposto e finalizando o ciclo a tomada de decisão.

A prova do ENEM ela incita os saberes disciplinares do aluno, trazendo através de questões problemas efetivos, situações do cotidiano. Por apresentar essa característica o exame faz com o aluno tome consciência do que realmente sabe, do é capaz de assimilar na escola e quais são suas oportunidades de entrar numa possível universidade.

Pensando na Matemática e suas tecnologias, o critério central é o da contextualização e da interdisciplinaridade, ou seja, é o potencial de um tema permitir conexões entre diversos conceitos matemáticos e entre diferentes formas de pensamento matemático, ou, ainda, a relevância cultural do tema, tanto no que diz respeito às suas aplicações dentro ou fora da

Matemática, como à sua importância histórica no desenvolvimento da própria ciência.

3 I A MATRIZ DE REFERÊNCIA DE MATEMÁTICA NO ENEM

Segundo Macedo (1999) há uma grande diferença entre competência e habilidade, segundo o autor resolver problema de matemática, por exemplo, é uma competência que supõe o domínio de várias habilidades. Calcular, ler, interpretar, tomar decisões, responder por escrito, etc., são exemplos de habilidades requeridas para a solução de problemas de aritmética.

Em outras palavras o aluno tem que entender que a competência é uma habilidade de ordem geral, enquanto a habilidade é uma competência de ordem particular específica e isso é um grande desafio para o professor porque a maioria não dispõem de recursos básicos em sala de aula, ou seja uma competência se expressa na tomada de decisão, ou seja, em situações reais se mobiliza a capacidade do sujeito em apreciar, observar, analisar, interpretar, julgar, decidir e agir diante da situação que lhe éposta.

O Novo ENEM está baseado em competências e habilidades. Competência é definida como: “Competências são as modalidades estruturais da inteligência, ou melhor, ações e operações que utilizamos para estabelecer com e entre os objetos, situações, fenômenos e pessoas que desejamos conhecer.” (INEP, 2001, p.7).

Uma competência se expressa na tomada de decisão, ou seja, em situações reais se mobiliza a capacidade do sujeito em apreciar, observar, analisar, interpretar, julgar, decidir e agir diante da situação que lhe éposta.

As competências propostas pelo ENEM para a área da Matemática e suas Tecnologias.

COMPETÊNCIA 5	Modelar e resolver problemas que envolvem variáveis socioeconômicas ou técnico-científicas, usando representações algébricas
HABILIDADE 19	Identificar representações algébricas que expressem a relação entre grandezas
HABILIDADE 20	Interpretar gráfico cartesiano que represente relações entre grandezas
HABILIDADE 21	Resolver situação-problema cuja modelagem envolva conhecimentos algébricos
HABILIDADE 22	Utilizar conhecimentos algébricos/geométricos como recurso para a construção de argumentação
HABILIDADE 23	Avaliar propostas de intervenção na realidade utilizando conhecimentos algébricos.

Quadro 1: Competências e habilidades

Fonte: MEC/INEP

As habilidades fazem parte do aporte metodológico do Novo ENEM. O conceito de habilidade parte do reconhecimento do domínio e da aplicação de um saber-fazer

específico decorrente do desenvolvimento de competência. A habilidade implica o treino e a aquisição do hábito.

Uma habilidade é definida na perspectiva do Novo ENEM como sendo: “habilidades decorrem das competências adquiridas e referem-se ao plano imediato do saber fazer. Por meio das ações e operações, as habilidades aperfeiçoam-se e articulam-se, possibilitando nova reorganização de competências” (INEP, 2001, p.7).

Importante o professor de Matemática conhecer as Habilidades e competências referente ao objeto de conhecimento relacionado com as Funções elementares, para que o docente possa organizar uma sequência de aulas bem ordenadas para potencializar a aprendizagem dos alunos.

4 | ANALISE E DISCURSÃO DAS QUESTÕES DE FUNÇÃO LOGARÍTMICA DO ENEM

Para a análise das questões, utilizamos os seus enunciados, as alternativas e a resolução da questão estudada. Foram selecionadas cinco categorias de análise: **Análise das Competências nas Questões; Análise das Habilidades nas Questões; Análise da Contextualização nas Questões; Análise da Interdisciplinaridade nas Questões e Análise dos Objetos de Conhecimento Matemáticos nas Questões.**

Em 2011, um terremoto de magnitude 9,0 na escala Richter causou um devastador *tsunami* no Japão, provocando um alerta na usina nuclear de Fukushima. Em 2013, outro terremoto, de magnitude 7,0 na mesma escala, sacudiu Sichuan (sudoeste da China), deixando centenas de mortos e milhares de feridos. A magnitude de um terremoto na escala Richter pode ser calculada por

$$M = \frac{2}{3} \log\left(\frac{E}{E_0}\right),$$

sendo E a energia, em kWh liberada pelo terremoto e E_0 uma constante real positiva. Considere que E_1 e E_2 representam as energias liberadas nos terremotos ocorridos no Japão e na China, respectivamente.

Disponível em: www.terra.com.br. Acesso em: 15 ago. 2013 (adaptado).

Qual a relação entre E_1 e E_2 ?

- a) $E_1 = E_2 + 2$
- b) $E_1 = 10^2 \cdot E_2$
- c) $E_1 = 10^3 \cdot E_2$
- d) $E_1 = 10^{\frac{9}{7}} \cdot E_2$
- e) $E_1 = \frac{9}{7} \cdot E_2$

Resposta: [C]

Tem-se que

$$M = \frac{2}{3} \log\left(\frac{E}{E_0}\right) \Leftrightarrow \log\left(\frac{E}{E_0}\right) = \frac{3M}{2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{E}{E_0} = 10^{\frac{3M}{2}}$$

$$\Leftrightarrow E = E_0 \cdot 10^{\frac{3M}{2}}.$$

Daí, como $M_1=9$ e $M_2=7$ vem $E_1 = E_0 \times 10^{\frac{27}{2}}$ e $E_2 = E_0 \times 10^{\frac{21}{2}}$.

$$E_1 = E_0 \times 10^{\frac{27}{2}}$$

$$= E_0 \times 10^{\frac{21}{2}} \times 10^{\frac{6}{2}}$$
$$= 10^3 \times E_2.$$

Figura 1: Questão Enem 2016

Fonte: Inep

Analizando a questão acima podemos observar que ela possui a competência 5: Modelar e resolver problemas que envolvem variáveis socioeconômicas ou técnico-científicas, usando representações algébricas.

A habilidade envolvida no problema é a habilidade 21: Resolver situação-problema cuja modelagem envolva conhecimentos algébricos. Analisando a questão ela possui uma interdisciplinaridade com a área de Ciências e de Geografia, pois ela mostra a aplicação de Função Logarítmica pois a questão refere-se a abalos sísmicos (Terremotos). O objeto de conhecimento envolvido para a solução do problema é de Função Logarítmica, como também podemos analisar na resolução da questão, que não basta apenas o aluno conhecer logaritmo ele precisa também aplicar Potencia e Função Exponencial, que são assuntos base que aprender logaritmo.

Para realizar a viagem dos sonhos, uma pessoa precisava fazer um empréstimo no valor de R\$5.000,00. Para pagar as prestações, dispõe de, no máximo, R\$400,00 mensais. Para esse valor de empréstimo, o valor da prestação (P) é calculado em função do número de prestações (n) segundo a fórmula

$$P = \frac{5.000 \times 1,013^n \times 0,013}{(1,013^n - 1)}$$

Se necessário, utilize 0,005 como aproximação para $\log 1,013$; 2,602 como aproximação para $\log 400$; 2,525 como aproximação para $\log 335$.

De acordo com a fórmula dada, o menor número de parcelas cujos valores não comprometem o limite definido pela pessoa é

- a) 12. b) 14. c) 15. d) 16. e) 17.

Resposta: [D]

Calculando:

$$P_{\max} = 400$$

$$400 = \frac{5000 \cdot 1,013^n \cdot 0,013}{(1,013^n - 1)} \Rightarrow 400 \cdot (1,013^n - 1) = 65 \cdot 1,013^n \Rightarrow 400 \cdot 1,013^n - 400 = 65 \cdot 1,013^n$$

$$335 \cdot 1,013^n = 400 \Rightarrow 1,013^n = \frac{400}{335} \Rightarrow \log 1,013^n = \log \left(\frac{400}{335} \right) \Rightarrow n \cdot \log 1,013 = \log 400 - \log 335$$

$$n \cdot 0,005 = 2,602 - 2,525 \Rightarrow n = 15,4 \Rightarrow 16 \text{ parcelas}$$

Figura 2: Questão Enem 2017

Fonte: Inep

Analisando a questão acima podemos observar que ela possui a competência 5: Modelar e resolver problemas que envolvem variáveis socioeconômicas ou técnico-científicas, usando representações algébricas.

A habilidade envolvida no problema é a habilidade 21: Resolver situação-problema cuja modelagem envolva conhecimentos algébricos. Analisando a questão ela possui uma aplicação do conhecimento de Função logarítmica em Matemática financeira contextualizando com o número de Prestações. O objeto de conhecimento envolvido para a solução do problema é de Função Logarítmica, além desse objeto o aluno precisa mobilizar conhecimento algébricos e Potência.

Um contrato de empréstimo prevê que quando uma parcela é paga de forma antecipada, conceder-se-á uma redução de juros de acordo com o período de antecipação. Nesse caso, paga-se o valor presente, que é o valor, naquele momento, de uma quantia que deveria ser paga em uma data futura. Um valor presente P submetido a juros compostos com taxa i , por um período de tempo n , produz um valor futuro V determinado pela fórmula

$$V = P \cdot (1+i)^n$$

Em um contrato de empréstimo com sessenta parcelas fixas mensais, de R\$ 820,00 a uma taxa de juros de 132% ao mês, junto com a trigésima parcela será paga antecipadamente uma outra parcela, desde que o desconto seja superior a 25% do valor da parcela.

Utilize 0,2877 como aproximação para $\ln\left(\frac{4}{3}\right)$ e 0,0131 como aproximação para $\ln(1,0132)$.

A primeira das parcelas que poderá ser antecipada junto com a 30^a é a
 a) 56^a b) 55^a c) 52^a d) 51^a e) 45^a

Resposta: [C]

Sendo $i=0,0132$ ao mês, temos

$$\begin{aligned} P < 0,75 \cdot V &\Leftrightarrow P < 0,75 \cdot P(1+i)^n \\ &\Leftrightarrow (1,0132)^n > \frac{4}{3} \\ &\Leftrightarrow \ln(1,0132)^n > \ln\frac{4}{3} \\ &\Rightarrow n \cdot 0,0131 > 0,2877 \\ &\Leftrightarrow n > \frac{2877}{131} \\ &\Leftrightarrow n > 21 + \frac{126}{131}. \end{aligned}$$

Por conseguinte, como o menor inteiro maior do que $21 + \frac{126}{131}$ é 22, segue que a primeira parcela que poderá ser antecipada junto com a 30^a é a $(30+22)^a = 52^a$.

Figura 3: Questão Enem 2018

Fonte: Inep

Analizando a questão acima podemos observar que ela possui a competência 5: Modelar e resolver problemas que envolvem variáveis socioeconômicas ou técnico-científicas, usando representações algébricas.

A habilidade envolvida no problema é a habilidade 23: Avaliar propostas de intervenção na realidade utilizando conhecimentos algébricos. Analisando a questão ela possui uma aplicação do conhecimento de Função logarítmica em Matemática financeira contextualizando com juros compostos. O objeto de conhecimento envolvido para a solução do problema é de Função Logarítmica, sendo de forma específica inequação logarítmica, além desse objeto o aluno precisa mobilizar conhecimento algébricos envolvendo inequação, Potência, juros compostos e Função exponencial, e não basta apenas fazer o cálculo para resolver o problema o aluno precisa refletir, analisar a solução desenvolvida por ele.

Com o avanço em ciência da computação, estamos próximos do momento em que o número de transistores no processador de um computador pessoal será da mesma ordem de grandeza que o número de neurônios em um cérebro humano, que é da ordem de 100 bilhões.

Uma das grandezas determinantes para o desempenho de um processador é a densidade de transistores, que é o número de transistores por centímetro quadrado. Em 1986, uma empresa fabricava um processador contendo 100.000 transistores distribuídos em 0,25 cm² de área. Desde então, o número de transistores por centímetro quadrado que se pode colocar em um processador dobra a cada dois anos (Lei de Moore).

Disponível em: www.pocket-lint.com. Acesso em: 1 dez. 2017 (adaptado).

Considere 0,30 como aproximação para $\log_{10}2$.

Em que ano a empresa atingiu ou atingirá a densidade de 100 bilhões de transistores?

- a) 1999 b) 2002 c) 2022 d) 2026 e) 2146

Resposta: [C]

Em 1986, o número de transistores por centímetro quadrado era igual a

$$\frac{100000}{0,25} = 400000.$$

Desse modo, o número de transistores ao longo do tempo constitui uma progressão geométrica de primeiro termo $4 \cdot 10^5$ e razão 2. Ademais, se n é o número de períodos de 2 anos após 1986, então

$$\begin{aligned}4 \cdot 10^5 \cdot 2^n &\geq 10^{11} \Leftrightarrow 2^{n+2} \geq 10^6 \\&\Leftrightarrow \log 2^{n+2} \geq \log 10^6 \\&\Rightarrow (n+2) \cdot 0,3 \geq 6 \\&\Leftrightarrow n \geq 18.\end{aligned}$$

A resposta é 1986+2.18=2022.

Figura 4: Questão Enem 2018

Fonte: Inep

Analisando a questão acima podemos observar que ela possui a competência 5: Modelar e resolver problemas que envolvem variáveis socioeconômicas ou técnico-científicas, usando representações algébricas.

A habilidade envolvida no problema é a habilidade 23: Avaliar propostas de intervenção na realidade utilizando conhecimentos algébricos. Analisando a questão ela possui uma interdisciplinaridade com a área de Ciências, pois ela mostra a aplicação de Função Logarítmica na Lei de Moore. O objeto de conhecimento envolvido para a solução do problema é de Função Logarítmica e de forma específica inequação logarítmica, como também podemos analisar na resolução da questão que não basta apenas o aluno conhecer logaritmo ele precisa também mobilizar conhecimento de Progressão Geométrica e assim aplicar conhecimentos base de Potência e Função Exponencial, que são conhecimentos prévios na aprendizagem de Logaritmo.

Charles Richter e Beno Gutenberg desenvolveram a escala Richter, que mede a magnitude de um terremoto. Essa escala pode variar de 0 a 10, com possibilidades de valores maiores. O quadro mostra a escala de magnitude local (M_s) de um terremoto que é utilizada para descrevê-lo.

Descrição	Magnitude local (M_s) ($\mu\text{m} \cdot \text{Hz}$)
Pequeno	$0 \leq M_s \leq 3,9$
Ligeiro	$4,0 \leq M_s \leq 4,9$
Moderado	$5,0 \leq M_s \leq 5,9$
Grande	$6,0 \leq M_s \leq 9,9$
Extremo	$M_s \geq 10,0$

Para se calcular a magnitude local, usa-se a fórmula $M_s = 3,30 + \log(A \cdot f)$ em que A representa a amplitude máxima da onda registrada por um sismógrafo em micrômetro (μm) e f representa a frequência da onda, em hertz (Hz). Ocorreu um terremoto com amplitude máxima de $2.000\mu\text{m}$ e frequência de $0,2\text{Hz}$.

Disponível em: <http://cejarj.cecierj.edu.br>. Acesso em: 1 fev. 2015 (adaptado).

Utilize 0,3 como aproximação para $\log 2$.

De acordo com os dados fornecidos, o terremoto ocorrido pode ser descrito como

- a) Pequeno.
- b) Ligeiro.
- c) Moderado.
- d) Grande.
- e) Extremo.

Resposta: [C]

Sendo

$$\begin{aligned}
 M_s &= 3,3 + \log(2000 \cdot 0,2) \\
 &= 3,3 + \log(2^2 \cdot 10^2) \\
 &= 3,3 + \log 2^2 + \log 10^2 \\
 &= 3,3 + 2 \cdot \log 2 + 2 \cdot \log 10 \\
 &\approx 3,3 + 0,6 + 2 \\
 &\approx 5,9,
 \end{aligned}$$

podemos concluir que o terremoto ocorrido pode ser descrito como Moderado.

Figura 5: Questão Enem 2019

Fonte: Inep

Analisando a questão acima podemos observar que ela possui a competência 5: Modelar e resolver problemas que envolvem variáveis socioeconômicas ou técnicas-científicas, usando representações algébricas.

A habilidade envolvida no problema é a habilidade 21: Resolver situação-problema cuja modelagem envolva conhecimentos algébricos. Analisando a questão notamos

uma interdisciplinaridade com área de Ciências e Geografia, pois a questão trata de abalos sísmicos, ou seja, terremotos, sendo que o aluno precisa mobilizar o objeto de conhecimento de Função Logarítmica, e aplicar conhecimentos prévios essenciais para resolver a questão, conhecimentos esses que são Potência e Equação exponencial.

A Lei de Zipf, batizada com o nome do linguista americano George Zipf, é uma lei empírica que relaciona a frequência (f) de uma palavra em um dado texto com o seu ranking (r). Ela é dada por

$$f = \frac{A}{r^B}$$

O ranking da palavra é a sua posição ao ordenar as palavras por ordem de frequência. Ou seja, $r=1$ para a palavra mais frequente, $r=2$ para a segunda palavra mais frequente e assim sucessivamente. A e B são constantes positivas.

Disponível em: <http://klein.sbm.org.br>. Acesso em: 12 ago. 2020 (adaptado).

Com base nos valores de $X=\log(r)$ e $Y=\log(f)$, é possível estimar valores para A e B .

No caso hipotético em que a lei é verificada exatamente, a relação entre Y e X é

- a) $Y = \log(A) - B \cdot X$ b) $Y = \frac{\log(A)}{X + \log(B)}$ c) $Y = \frac{\log(A)}{B} - X$
d) $Y = \frac{\log(A)}{B \cdot X}$ e) $Y = \frac{\log(A)}{X^B}$

Resposta: [A]

Tem-se que

$$\begin{aligned} f = \frac{A}{r^B} &\Leftrightarrow \log f = \log \frac{A}{r^B} \\ &\Leftrightarrow \log f = \log(A) - \log r^B \\ &\Leftrightarrow Y = \log(A) - B \cdot \log r \\ &\Leftrightarrow Y = \log(A) - B \cdot X. \end{aligned}$$

Figura 6: Questão Enem 2020

Fonte: Inep

Analisando a questão acima podemos observar que ela possui a competência 5: Modelar e resolver problemas que envolvem variáveis socioeconômicas ou técnico-científicas, usando representações algébricas.

A habilidade envolvida no problema é a habilidade 19: Identificar representações algébricas que expressem a relação entre grandezas. Podemos observar na questão que ela possui uma interdisciplinaridade com a Ciência, pois a questão refere-se a uma

situação de Frequência pela Lei de Zipf. O objeto de conhecimento envolvido no problema é de função Logarítmica, no qual o aluno precisa apenas aplicar a definição de Logaritmo e mobilizar seus conhecimentos algébricos para chegar em uma relação entre grandezas.

Enquanto um ser está vivo, a quantidade de carbono 14 nele existente não se altera. Quando ele morre, essa quantidade vai diminuindo. Sabe-se que a meia-vida do carbono 14 é de 5.730 anos, ou seja, num fóssil de um organismo que morreu há 5.730 anos haverá metade do carbono 14 que existia quando ele estava vivo. Assim, cientistas e arqueólogos usam a seguinte fórmula para

saber a idade de um fóssil encontrado: $Q(t) = Q_0 \cdot 2^{-\frac{t}{5730}}$ em que t é o tempo, medido em ano, $Q(t)$ é a quantidade de carbono 14 medida no instante t e Q_0 é a quantidade de carbono 14 no ser vivo correspondente.

Um grupo de arqueólogos, numa de suas expedições, encontrou 5 fósseis de espécies conhecidas e mediram a quantidade de carbono 14 neles existente. Na tabela temos esses valores juntamente com a quantidade de carbono 14 nas referidas espécies vivas.

Fóssil	Q_0	$Q(t)$
1	128	32
2	256	8
3	512	64
4	1024	512
5	2048	128

O fóssil mais antigo encontrado nessa expedição foi

- a) 1. b) 2. c) 3. d) 4. e) 5.

Resposta: [B]

Tem-se que

$$\begin{aligned}
 Q(t) &= Q_0 \cdot 2^{-\frac{t}{5730}} \Leftrightarrow 2^{\frac{t}{5730}} = \frac{Q_0}{Q(t)} \\
 \Leftrightarrow \log_2 2^{\frac{t}{5730}} &= \log_2 \frac{Q_0}{Q(t)} \\
 \Leftrightarrow t &= 5730 \cdot \log_2 \frac{Q_0}{Q(t)}.
 \end{aligned}$$

Como a função $\log_2 x$ é crescente, o fóssil mais antigo é aquele que tiver a maior razão $r = \frac{Q_0}{Q(t)}$.

Portanto, sendo $r_1 = \frac{128}{32} = 4$, $r_2 = \frac{256}{8} = 32$, $r_3 = \frac{512}{64} = 8$, $r_4 = \frac{1024}{512} = 2$ e $r_5 = \frac{2048}{128} = 16$, podemos concluir que o fóssil mais antigo é o 2.

Figura 7: Questão Enem 2020

Fonte: Inep

Analisando a questão acima podemos observar que ela possui a competência 5: Modelar e resolver problemas que envolvem variáveis socioeconômicas ou técnicas-científicas, usando representações algébricas.

A habilidade envolvida no problema é a habilidade 23: Avaliar propostas de intervenção na realidade utilizando conhecimentos algébricos. Podemos observar na questão que ela possui uma interdisciplinaridade com a Química, pois a questão refere-se a Meia-Vida. O objeto de conhecimento que o aluno precisa mobilizar para resolver o problema é de Função Logarítmica, além dos conhecimentos prévios de Equação Exponencial e Potência.

5 | CONCLUSÃO

A Matemática é uma disciplina que pode ser aplicada em várias áreas de conhecimento, em tudo temos Matemática. O professor pode explorar as aplicações da Matemática no dia a dia para deixar mais atraente para o aluno essa disciplina que é tão temida pelos estudantes.

A constatação da sua importância apoia-se no fato de que a Matemática desempenha papel decisivo, pois permite resolver problemas da vida cotidiana, tem muitas aplicações no mundo do trabalho e funciona como instrumento essencial para a construção de conhecimentos em outras áreas de ensino.

No Enem a Matemática torna-se uma área de conhecimento importante, pois na prova de matemática são 45 questões, o que torna a matemática um objeto de conhecimento importante para quem almeja obter uma excelente nota no Enem.

Portanto, o ENEM faz com que a matemática passe a ter valor e significado para cada aluno, pois possibilita o mesmo a desenvolver as habilidades e competências que são exigidas no exame, sendo que esse formato de prova que o ENEM traz da Matemática possibilita a mudança daquela concepção de que estudar matemática não servia de nada para o cotidiano do aluno.

A partir das análises das Função Logarítmica, percebemos que todas as questões analisadas contemplam apenas uma habilidade e uma competência, sendo que algumas não possuem interdisciplinaridade com outras áreas do conhecimento e todas as questões estudadas são contextualizadas.

Nota-se entre as cinco habilidades, H19, H20, H21, H22, H23, que abrange o conteúdo de Função Logarítmica, a habilidade 21 e 23 apareceu com mais frequência em relação as demais. Com relação a habilidade 20 e 22 destacamos o fato de não ter sido cobrado questões referentes a essas habilidades nas provas ENEM de 2016 até 2020, e destacamos também a habilidade 19 que foi cobrado na prova uma única vez.

Importante o professor de Matemática conhecer as características das questões de Logaritmo na prova do Enem, para que o docente saia do modelo tradicional de ensino engessado em teoria-exemplo e exercício, possa usar em sala de aula metodologias que podem potencializar a aprendizagem do estudante, e desenvolver no aluno autonomia em sua própria aprendizagem, para isso o professor precisa trabalhar com atividades contextualizadas, interdisciplinares e focadas em habilidades e competências exigidas na

Matriz de referência do Enem.

Nossa expectativa é de que as análises das questões aqui apresentadas e discutidas possam, de fato, contribuir para a formação de professores seja inicial, continuada ou especializada, bem como de pesquisadores na área.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). ENEM – Documento Básico. Brasília, 1998.

BRASIL. Referencial Curricular Nacional para a Educação Infantil. Brasília: MEC/SEF, v. 1, 1998.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Informativo Enem 2005. Brasília, 2005b

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Proposta à Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior. Brasília, 2009a.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Inep indica a nota mínima 400 no Enem 2009 como critério de certificação para o ensino médio. Brasília, 2009b. Disponível em: <www.inep.gov.br>. Acesso em: outubro, 2021.

FREIRE, Paulo. Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática educativa. 22º ed., São Paulo: Paz e Terra, 2002.

INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais) - Exame Nacional do Ensino Médio-ENEM: documento básico. Brasília: INEP, 1999.

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (2001). Relatório pedagógico. Brasília: INEP.

Lei de Diretrizes e Bases da Educação. Ministério da Educação e do Desporto/Secretaria de Educação. Brasília: MEC/SEF, 1996.

MACEDO, L. Competências e habilidades: elementos para uma reflexão pedagógica Manuscrito não publicado. São Paulo: Instituto de Psicologia, USP, 1999.

MARQUES, Mario de Osório. A aprendizagem na mediação social do aprendido e da docência. Ijuí: Ed. Unijuí, 2006

SABRINA MOEHLECKE e Revista Brasileira de Educação v. 17 n. 49 jan.-abr. 2012.

YGOTSKY, A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. São Paulo: Martins Fontes, 1998

CAPÍTULO 2

A COMPOSTAGEM COMO FERRAMENTA DE APRENDIZAGEM

Data de aceite: 03/10/2022

Antonio Pereira de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Uruaçu

Lidiane Maria dos Santos

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Uruaçu

RESUMO: Atualmente, tem crescido a procura por produtos alimentícios de origem orgânica, refletindo o desejo do consumidor em se alimentar melhor, de forma saudável e sustentável. O hábito em consumir e/ou produzir produtos orgânicos e livres de agrotóxicos beneficiam a saúde e preservam o meio ambiente, isso não traz apenas um ganho pessoal, mas tem reflexos benéficos no coletivo. Diante dessa demanda, o cultivo de hortas orgânicas em pequenos espaços tem ganhado destaque. Para que o cultivo de alimentos ocorra em um sistema orgânico, é necessário seguir tecnologias que respeitem os processos agroecológicos, promovendo aumento do conteúdo orgânico do solo e sendo energeticamente econômico. Neste sentido, o presente trabalho propõe o uso de restos de alimentos oriundos do consumo doméstico para a produção de adubos orgânicos, através da compostagem, para cultivos de hortaliças em pequenos espaços, como apartamentos e casas. Visando promover a educação ambiental, este trabalho foi aplicado na forma de oficina a turma de 2º ano do curso Técnico em Química integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal

de Goiás, Campus Uruaçu, situado na cidade de Uruaçu - Goiás.

PALAVRAS-CHAVE: Compostagem. Adubo orgânico. Educação ambiental.

COMPOSTING AS A TOOL FOR

ABSTRACT: Currently, there has been a growing demand for food products of organic origin, reflecting the consumer's desire to eat better, in a healthy and sustainable way. The habit of consuming and/or producing organic products and free of pesticides benefits health and preserves the environment, this not only brings a personal gain, but has beneficial repercussions in the collective. Given this demand, the cultivation of organic gardens in small spaces has gained prominence. For food cultivation to occur in an organic system, it is necessary to follow technologies that respect agroecological processes, promoting increased soil organic content and being energy-efficient.

In this sense, the present work proposes the use of food scraps from domestic consumption for the production of organic fertilizers, through composting, for vegetable crops in small spaces, such as apartments and houses. In order to promote environmental education, this work was applied in the form of a workshop to the 2nd year class of the Technical in Chemistry course integrated to the High School of the Federal Institute of Goiás, Uruaçu Campus, located in the city of Uruaçu - Goiás.

KEYWORDS: Composting. Organic fertilizer. Environmental education.

INTRODUÇÃO

A Educação Ambiental pode ser entendida como um caminho para transformar a sociedade, à medida que favorece a formação de cidadãos mais conscientes, críticos e questionadores, possuidores de atitudes e valores que levam à melhoria da qualidade de vida da população, em um ambiente sustentável e saudável (SILVA et al., 2018, p. 2).

A Química Ambiental como disciplina auxilia os alunos na busca de soluções de problemáticas ambientais, por exemplo como lidar com lixos sejam eles domésticos ou industriais. A Educação Ambiental é uma aliada de todas as disciplinas, justamente por dar ao enfoque ambiental uma perspectiva diferenciada dentro de cada disciplina, proporcionando um grande leque de possibilidades de trabalhos que envolvam o meio ambiente (SOUZA et al., 2013, p. 6).

Não só no Brasil, mas em outros países, o lixo é um problema de saúde pública e de difícil resolução. Segundo Barbosa e colaboradores.

Enquanto o Brasil ainda rascunha os planos setoriais de logística reversa, previstos na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), distante daqui o velho continente registra taxas de reciclagem superiores a 50%, movimentando um mercado bilionário (BARBOSA, 2016).

Portanto, um dos grandes passos para a diminuição do lixo, principalmente o lixo orgânico produzido em casas, é o incentivo da produção do adubo orgânico. Conscientizando a população a realizar a reciclagem dos lixos produzidos em seus lares e assim, preservar a natureza.

Aqui no Brasil, com a criação da Lei Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) Lei 12.305/2010, muitas pessoas têm se preocupado com o descarte de lixo, e procuram uma forma correta de reciclá-los, pois o problema do lixo pertence a todos.

Com relação ao Município de Uruaçu, na Região Norte do Estado de Goiás, o lixo doméstico é disposto a céu aberto, sem tratamento. Não contamos com uma média de quantidade de lixo depositado no lixão, mas dispomos, pelo projeto político, a informação que o atual prefeito Walmir Pedro, negocia uma forma de reciclar os lixos domésticos ou enviar para o aterro sanitário localizado na cidade do Rio verde (GOMES, 2017).

Neste sentido, a importância deste trabalho está na reciclagem do lixo caseiro para produção de adubos orgânicos, através da compostagem. A partir dos resultados de análise de solo, antes e após a compostagem proporcionam uma medida quantitativa dos nutrientes necessários ao solo, para cultivo de hortaliças. A compostagem pode ser realizada em casa, seja ambientes que tenham grande espaço a ambientes com limitações de espaço.

Para divulgar a prática da compostagem, os alunos do 2º ano do curso Técnico em Química do Instituto Federal de Goiás, participaram de uma oficina sobre esta temática, tendo como objetivo incentivá-los a reciclar o lixo doméstico orgânico e fazer sua própria

horta orgânica. Durante este processo os alunos fizeram sua própria composteira e preparam o adubo orgânico a partir de restos de alimentos, os alunos acompanharam a produção do adubo e plantaram sementes ou mudas de hortaliças.

Nesta proposta pedagógica, os alunos observaram a importância do adubo orgânico para as plantas e aprenderam que todos os tipos de lixos podem ser reciclados, neste caso o lixo orgânico de suas casas, através de restos de alimentos, como cascas de verduras e frutas.

Portanto, a Química Ambiental tem um papel de suma importância no ambiente escolar, incentivando os alunos a cuidarem do meio ambiente, ampliando informações a respeito dos processos de reciclagem dos materiais orgânicos e inorgânicos, reconhecendo sua posição dentro da sociedade e sua responsabilidade ambiental.

REFERENCIAL TEÓRICO

A Educação Ambiental visa formar cidadãos conscientes acerca dos problemas ambientais em consequência das atividades humanas. A Lei 9.795/1999 dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Neste sentido, a educação ambiental é um componente essencial e permanente da educação nacional, devendo estar presente a todos os níveis e modalidades do processo formativo.

Souza e colaboradores destacam que a importância da educação ambiental para os programas de gerenciamento de resíduos sólidos está na sensibilização da sociedade para esta temática, visto que ela interfere diretamente no equilíbrio ambiental. “Através de programas educativos relacionados aos resíduos sólidos e que garantem seu uso racional, evita-se o agravamento de problemas ambientais gerados por esses resíduos” (SOUZA et al., 2013, p. 10).

No entanto, ainda é comum visualizar pessoas lançando certos tipos de objetos na rua, tendo consciência de que aquele simples objeto é um lixo, poluindo as ruas, dificultando a passagem de água das chuvas, proliferando doenças e animais indesejáveis. Oliveira e colaboradores (OLIVEIRA et. al. 2012, p.14) afirma que: “O lixo é todo qualquer resíduo proveniente da atividade humana, descartado sem nenhum valor, gerado em todos os lugares, em casa, na rua, no trabalho etc. Onde muitas vezes são jogados na rua, em terrenos baldios, tornando assim um problema para o meio ambiente”.

Com a criação da lei 12.305, o tratamento do lixo e descarte é nossa responsabilidade. No Brasil, desde sua implementação em 2010, a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Lei nº12.305) tem sido utilizada como base para o gerenciamento dos resíduos, visando a redução na geração, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição ambientalmente adequada dos rejeitos gerados (CARDOSO e CARDOSO, 2016, p.1).

Grande quantidade de lixo são produzidos em casas, pois com nosso consumo descartamos muitos resíduos sólidos sejam eles orgânicos ou inorgânicos. São os resíduos

orgânicos domésticos gerados em maiores quantidades. Uma família com aproximadamente quatro pessoas gera em média 2 a 7 kg de lixo orgânico por dia, normalmente descartado in natura no ambiente. (CARDOSO e CARDOSO 2016, p.2).

Infelizmente, muitos municípios não contam com programa de reciclagem e, com isso tanto os lixões a céu aberto como os aterros sanitários, são os únicos lugares para onde os lixos domésticos são descartados, porém tais lugares somente distanciam o problema do lixo, mas não apresentam soluções sustentáveis para eles (CARDOSO e CARDOSO, 2016).

Umas das formas de reduzir o lixo de nossas casas, principalmente o lixo orgânico é a produção do adubo orgânico, pois com os restos de alimentos que seriam descartados, pode-se produzir adubo orgânico, portanto.

Uma solução viável para os resíduos orgânicos produzidos em nossas residências é o processo de compostagem aeróbica, que transforma a matéria orgânica em composto, possibilitando a disponibilização de grande parte dos nutrientes, reduzindo a quantidade de lixo, gerando um produto tecnológico que pode ser utilizado como fertilizante em jardins e culturas agrícolas, diminuindo a necessidade de fertilizantes sintéticos e gerando, inclusive, renda para o setor público ou privado (CARDOSO e CARDOSO, 2016, p. 2 e 3).

No preparo de um terreno para o plantio, o uso de adubos contribui para o desenvolvimento das plantas, sendo que os adubos orgânicos, ricos em nutrientes, são essenciais ao desenvolvimento e crescimento das plantas. De acordo (CLEMENTE e HABER, 2012, p.17), “os nutrientes são indispensáveis à vida vegetal, sendo, em muitos casos, a falta ou insolência deles causa um atraso no desenvolvimento das plantas e, em outros, elas não conseguem completar o seu ciclo de vida”.

A IMPORTÂNCIA DOS NUTRIENTES PARA AS PLANTAS

Os nutrientes são essenciais às plantas, é através deles que hortaliças crescem e se desenvolvem, gerando o produto de interesse para determinada finalidade. Os nutrientes são divididos em dois grupos, macronutrientes, necessários em quantidades elevadas (nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre) e no segundo grupo, os micronutrientes, necessários em menores quantidades (boro, cobre, cloro, manganês, zinco) (CLEMENTE e HABER, 2012, p.18). Vejamos a importância de cada nutriente às plantas:

O macronutriente, nitrogênio (N) é responsável pela coloração verde das folhas (Figura 1) e é o componente de aminoácidos e outras moléculas importantes para o metabolismo das plantas. A deficiência desse nutriente é caracterizada pelo amarelecimento das folhas, um processo conhecido como clorose (CLEMENTE e HABER, 2012, p. 19 a 20).

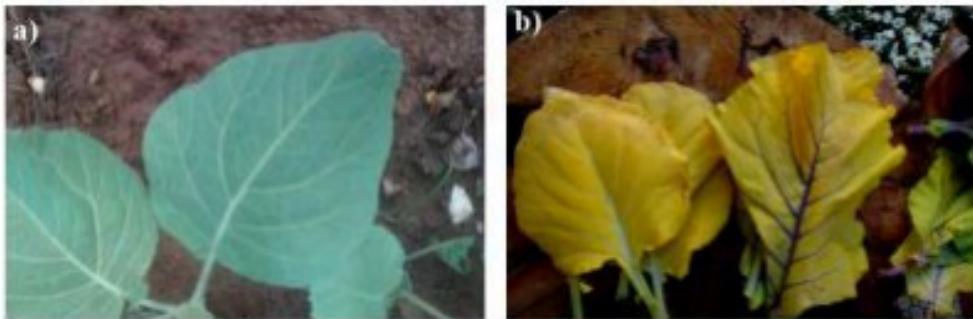


Figura 1. A) Coloração de folha saudável; b) Coloração da folha por falta de nutriente.

O fósforo (P) ajuda a formar raízes fortes e abundantes, contribuindo para formação e amadurecimento dos frutos e formação de sementes. Os sintomas de deficiência se reflete num menor crescimento das plantas, desde os primeiros estágios de desenvolvimento; visualmente observa-se bronzeamento das folhas (CLEMENTE e HABER, 2012, p. 19 a 20).

O potássio (K) está relacionado com a formação de talos e raízes fortes, além de participar da ativação de muitas enzimas, do processo de fotossíntese e do transporte de carboidratos. De maneira semelhante ao sintoma de deficiência de nitrogênio, a falta de potássio leva a uma clorose nas folhas mais velhas, seguida por necrose (morte) das pontas e margens das folhas, fato que não ocorre com a deficiência de nitrogênio (CLEMENTE e HABER, 2012, p. 19 a 20).

Cálcio (Ca) é importante para o crescimento da raiz e do talo, pois é um componente da parede celular, indispensável para a maturação do pólen e crescimento do tubo polínico. A deficiência em Ca aparece como deformações nas folhas novas, morte das gemas apicais, das extremidades das raízes e flacidez dos tecidos dos frutos, que evolui para uma necrose funda, seca e negra (CLEMENTE e HABER, 2012, p. 19 a 20).

O magnésio (Mg) é o elemento principal na formação da clorofila, sem a qual as plantas não produzem carboidratos, além de ser um importante ativador de enzimas do metabolismo das plantas. A deficiência desse nutriente mostra uma clorose entre as nervuras das folhas velhas da planta. Quando a deficiência é mais severa, as áreas amarelas vão escurecendo (CLEMENTE e HABER, 2012, p. 19 a 20).

O enxofre (S) é um importante componente de compostos orgânicos, presente nos aminoácidos cisteína e metionina. Os sintomas da falta de S são semelhantes à deficiência de nitrogênio, porém, a clorose se manifesta nas folhas novas (CLEMENTE e HABER, 2012, p. 19 a 20).

Assim como os macronutrientes, os micronutrientes também têm grande importância para desenvolvimento e manutenção das plantas, pois atuam na síntese de moléculas, como enzimas, proteínas e aminoácidos e atuam na fotossíntese e respiração celular

(CLEMENTE e HABER, 2012, p. 19 a 20).

A importância da Educação Ambiental nas escolas

Em 2012, a Educação Ambiental foi incluída na Lei de Diretrizes e Base da Educação, visando a preservação e conscientização dos educandos. Segundo a Lei nº 13.415/17 as escolas, sejam elas Ensino Médio ou Fundamental, em que a educação ambiental seja incluída, portanto de acordo com (SILVA et al., 2018, p. 3).

A educação em nosso país possui como principais documentos orientadores a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Na LDB, a educação ambiental foi explicitamente incluída em 2012, a partir da promulgação da Lei no 12.608(BRASIL, 2012), ao incluir em seu art.26 § 7o a determinação de que “os currículos do ensino fundamental e médio devem incluir os princípios da proteção e defesa civil e a educação ambiental de forma integrada aos conteúdos obrigatórios” (BRASIL, 1996). Contudo, este artigo foi modificado em 2016, com a publicação da Medida Provisória no 746, ganhando sua atual redação com a promulgação da Lei 13.415, de 16 de fevereiro de 2017 (BRASIL, 2017), que alterou diversos artigos da LDB. Como consequência, a educação ambiental deixou de estar explicitamente presente na LDB, podendo ser inserida nas escolas como tema transversal, previsto nos Parâmetros Curriculares Nacionais, conforme a nova redação dada ao art.26 §7o

Sendo assim, uma das grandes funções da escola é preparar os estudantes e levar também os conhecimentos à toda comunidade de como devemos cuidar e preservar o meio ambiente, com isso, para Oliveira e colaboradores, a escola exerce o papel de levar ao aluno o conhecimento e a compreensão dos problemas que estão à nossa volta. Refletir sobre o lixo orgânico é um meio de trabalhar conceitos, valores, atitudes, posturas e ética, pois é um trabalho de grande importância que envolve a realidade do dia a dia de cada um OLIVEIRA et. al. (2012, p.2). Diante desta perspectiva, o presente trabalho trata-se do estudo das contribuições de uma oficina de compostagem, uma tecnologia promissora no tratamento de resíduos sólidos e na descontaminação ambiental. A oficina foi desenvolvida e aplicada a estudantes do 2º ano do Curso Técnico Integrado em Química do Instituto Federal de Goiás, Campus Uruaçu, situado no município de Uruaçu-GO. Além disso, análises químicas foram realizadas em solo sem e com efeitos de adubos orgânicos, visando quantificação de macro e micronutrientes para crescimento das hortaliças e apresentando na oficina e, que os alunos puderam compreender como os nutrientes agem na hortaliças e como elas ajudam no desenvolvimento e no crescimento de diversos tipos de hortaliças ou outros tipos de plantas.

METODOLOGIA

Este estudo foi com 27 alunos do 2º ano do ensino médio técnico integrado em Química do Instituto Federal de Goiás, Campus Uruaçu, município do interior do estado de Goiás, durante as aulas de Química Ambiental no 3º bimestre do ano letivo de 2020 na

modalidade de Ensino Remoto Emergencial (ERE).

Durante a execução da proposta, todos os princípios éticos que orientam pesquisas dessa natureza foram rigorosamente seguidos, tais como: identificação da pesquisa e seus objetivos, os estudantes foram previamente informados sobre a realização da sequência didática e os riscos, elaboração de questionários com linguagem adequada e acessível e respeito aos participantes.

Os estudantes tiveram conhecimento sobre a compostagem e como montar uma composteira caseira com garrafa pet. Com o ensinamento, eles fizeram sua própria composteira em casa e plantaram sementes ou mudas de hortaliças, conforme as suas preferências.

No dia 05 de janeiro de 2021, foi abordado a importância dos nutrientes, depois de ter feito a compostagem é plantado as sementes ou mudas, avaliando quais nutrientes agem sobre as plantas e o que acontece caso as hortaliças não recebam os nutrientes o suficiente para o seu desenvolvimento.

Nesta última semana de aplicação da oficina – 18 a 22 de janeiro de 2021 - foi avaliada a aprendizagem dos estudantes através de questionamentos verbais e produção de um diário relatando todos os eventos observados pelos alunos no decorrer das atividades – do preparo da composteira ao cultivo das hortaliças. Esta etapa é importante, pois consiste em um momento no qual será possível ao professor verificar a evolução do estudante, uma vez que, no início do processo, verifica-se o conhecimento prévio por meio do pré-questionário e, ao final, com novas perguntas, constata-se o quanto o estudante progrediu e se o conhecimento foi significativo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No dia 15 de dezembro de 2020 no Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Goiás, na modalidade de ERE, com a turma do 2º ano Técnico em Química do Ensino Médio, teve início a oficina com o tema A compostagem como ferramenta de aprendizagem para o segundo Ano do Ensino Médio.

Os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema proposto foram registrados através de um questionário como atividade individual, com a finalidade de avaliação de conhecimento. Após essa atividade, iniciou-se a discussão e a explicação sobre o conteúdo de solo e suas divisões e tipos de solos e tal questionário foi discutido verbalmente.

De modo geral, os estudantes apresentaram respostas válidas aos questionamentos propostos e a relação entre as assertivas e os conceitos aceitos cientificamente foram coerentes, pois o conteúdo tratava conceitos químicos que fazem parte do currículo do 2º anos do Ensino Médio, na disciplina de Química Ambiental, em andamento. As abstenções verificadas para as questões sinalizam falta de domínio do tema propostos e demonstra uma certa insegurança para responder (Bardin, 2016).

Neste primeiro dia também foi ministrada uma aula sobre a compostagem, onde foi apresentado como fazer uma composteira caseira feita de garrafa pet, após esta explicação, os alunos seriam capazes de confeccionar sua própria composteira e acompanhar o processo de compostagem com restos de alimentos, como cascas de frutas, verduras e legumes. Nesta oportunidade, também foi apresentado algumas hortaliças como: couve, alface, cebolinhas e outros como opção para que os alunos poderiam cultivar assim que sua compostagem ficasse pronta e produzisse o adubo orgânico.

Os alunos apresentaram suas experiências com a construção da compostagem e cultivo de hortaliças através de discussões verbais. Neste momento eles falaram dos acontecimentos e desafios ocorridos durante o trabalho, explicaram o que aprenderam com a compostagem, desde o primeiro passo até a observação da decomposição e plantio. Os discentes demonstraram interesse e alguns mencionaram que pretendem dar continuidade com a confecção de hortas orgânicas, enquanto outros pretendem utilizar o adubo orgânico para fazer um jardim em casa, plantando flores e outras culturas.

Através dos relatos adicionados ao diário de compostagem, verificamos que conseguimos atingir um ponto muito importante nesse trabalho, que foi a participação da família. A aluna “A”, disse que sua mãe pretende usar os conhecimentos divulgados nesta oficina para fazer sua própria horta, assim como está, outros familiares acharam interessante o trabalho dos seus filhos. Dessa maneira, o projeto atingiu outras pessoas além dos alunos, corroborando com a proposta de disseminação da conscientização ambiental e com a propagação de práticas alimentares saudáveis e sustentáveis.

O aluno “C” relatou que não plantou nenhum tipo de hortaliças, mas sim girassol, ele relata no seu diário que plantou 4 sementes, logo elas germinaram e começaram a crescer. Este aluno chamou a atenção, uma vez que inovou no tipo de cultura, pois nas discussões iniciais foi indicado que cultivam hortaliças como cebola, cebolinha, couve, entre outras. Dessa maneira ele mostrou a eficiência do adubo obtido da composteira para outros tipos de plantas.

A Figura 1 mostra o processo de compostagem realizado por uma aluna participante. Podemos verificar o empenho na execução da atividade. Alguns tiveram problemas com larvas durante o processo de compostagem, mas logo foi resolvido, pois ao colocar no sol logo elas sumiram, e assim prosseguiram com o trabalho.



Figura 1: Confecção da composteira e cultivo de cebolinha: a) composteira; b) mudas de cebolinha para plantio e c) cultivo de cebolinhas.

Durante a execução do trabalho, cinco (5) estudantes não conseguiram desenvolver a atividade até a etapa de cultivo, no entanto, estes foram indagados dos motivos que não permitiram o êxito do trabalho. Alguns alunos relataram que adicionaram à composteira cascas de frutas cítricas, apontando isso com a problemática, pois como não sabemos o pH do solo não é recomendável a adição de restos de fruta cítricas que acidificam o pH do solo e impedem com que as sementes desenvolvam. Dessa maneira, os educandos relacionaram os conteúdos aprendidos no curso de Química a resolução deste problema.

Podemos inferir com base nos relatos de experiências que houve despertamento para as práticas sustentáveis corroborando com a educação ambiental dos estudantes e familiares. Os conceitos químicos abordados durante as aulas e execução da parte prática ampliaram seu conhecimento e proporcionam senso crítico, trazendo novas perspectivas. Isso se deve às discussões relacionadas às questões problematizadoras com o uso de questionamentos verbais e utilizando a contextualização baseadas em temas ambientais durante a aula para motivação da turma.

A motivação foi percebida através do interesse em perguntar ou não, e a participação dos alunos durante os encontros. Apesar de algumas questões do pré-questionário e diário de compostagem não terem sido respondidas por alguns alunos, durante a explicação a maioria questionou e correlacionou com conteúdo já visto no curso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, considera-se que a aplicação da atividade de compostagem é uma ferramenta auxiliar e complementar para o processo de ensino-aprendizagem no ensino de Química, contribui para a aprendizagem dos alunos.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, V. 15 países que dão lição em reciclagem de lixo. **Mundo**, [s. l.], 13 set. 2016. Disponível em: <https://exame.com/mundo/15-paises-que-dao-licao-em-reciclagem-de-lixo/>. Acessado no dia 02 de dezembro.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 4.ed. Lisboa: Edições 70, 2016.

CARDOSO, Fernanda de Cássia Israel; CARDOSO, Jean Carlos. O PROBLEMA DO LIXO E ALGUMAS PERSPECTIVAS PARA REDUÇÃO DE IMPACTOS. LIXO, [s. l.], 1 mar. 2016. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v68n4/v68n4a10.pdf>. Acessado no dia 29 de novembro de 2020.

CLEMENTE, Flávia M. V. T.; HABER, Lenita Lima. Hortas em Pequenos Espaços. Embrapa Hortalícias, Editoras Técnicas, ed. 1º Edição, 2012. Disponível em: <https://biopsicologia.com.br/hortas-em-pequenos-espacos-apostila-da-embrapa/>. Acessado no dia 28 de novembro de 2020.

OLIVEIRA, Malvina da Silva et al. A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA ESCOLA E A RECICLAGEM DO LIXO ORGÂNICO. A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL, Jaciara/MT, 7 nov. 2012. Disponível em: http://eduvallesl.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/OqT8ChKZ3qwitpp_2015-12-19-2-22-31.pdf. Acessado no dia 30 de novembro de 2020.

GOMES, L. Camaramuruacu. 15 abr. 2017. Disponível em: <http://www.camaramuruacu.go.gov.br/noticias.php?pg=noticia&id=172> acessado no dia 07 de dezembro. <http://revbea.emnuvens.com.br/revbea/article/view/2443>. Acessado no dia 16 de janeiro de 2021.

SILVA, V. R. M. J.; SILVA, A. L. J.; CARDOS, S. P. Um olhar docente sobre as dificuldades do trabalho daeducação ambientalna escola. **Educação Ambiental**, REnCiMa, 2018.

SOUZA, G. S. de; MACHADO, P. B.; REIS, V. R.; SANTOS, A. S.; DIAS, V. B. Educação ambiental como ferramenta para o manejo de resíduos sólidos no cotidiano escolar. **Revista brasileira de Educação Ambiental**, v. 8, 2013.

CAPÍTULO 3

ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE EXTRATOS ALCOÓLICOS DAS FOLHAS E RAÍZES DA JAQUEIRA (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.), FRENTE AS CEPAS DE *L. monocytogenes*, *E. coli* E *S. entenitidis*

Data de aceite: 03/10/2022

extratos alcoólicos, folhas, raízes, jaqueira.

Leonardo Rocha dos Santos

Juliana Cristina da Silva Rebolho

RESUMO: Com o objetivo reduzir doenças e danos econômicos causados por microrganismos patogênicos, o uso de produtos naturais como compostos antimicrobianos tem sido uma maneira bem eficaz para controlar presença de bactérias patológicas, principalmente devido à prevalência de microrganismos resistentes a antissépticos e antibióticos convencionais e também pelo aumento do conceito popular sobre qualidade de alimentos e do potencial impacto negativo dos aditivos sintéticos na saúde. A maioria das plantas possui compostos que são antimicrobianos e as protegem de microrganismos. Os compostos ativos encontrados em algumas plantas possuem ação antisséptica como, por exemplo, o timol e carvocrol, o eugenol e isoeugenol, terpinenol-4 e os flavonóides. Foram utilizadas as técnicas de verificação da formação de halos de inibição. A atividade antimicrobiana de extratos alcoólicos das folhas e das raízes da jaqueira foram estudadas para três tipos de bactérias patogênicas *E. coli*, *L. monocytogenes* e *S. entenitidis*. Os testes antibacterianos evidenciaram como principais resultados que as folhas da jaqueira se mostraram promissoras para potencial de aplicação como antimicrobiano inibindo todas as cepas, enquanto a raiz de jaqueira inibiu apenas a cepa de *L. monocytogenes*.

PALAVRAS-CHAVE: Atividade antimicrobiana,

ABSTRACT: In order to reduce diseases and economic damages caused by pathogenic microorganisms, the use of natural products as antimicrobial compounds has been a very effective way to control the presence of pathological bacteria, mainly due to the prevalence of antiseptic and conventional antibiotic resistant microorganisms and also by the increase of the popular concept on food quality and the potential negative impact of synthetic additives on health. Most plants have compounds that are antimicrobial and protect them from microorganisms. The active compounds found in some plants have an antiseptic action, such as thymol and carvocrol, eugenol and isoeugenol, terpinenol-4 and flavonoids. The techniques for checking the formation of inhibition halos were used. The antimicrobial activity of alcoholic extracts of the leaves and roots of the jaqueira were studied for three types of pathogenic bacteria *E. coli*, *L. monocytogenes* and *S. entenitidis*. The antibacterial tests evidenced as main results that the leaves of the jaqueira showed to be promising for potential of application as antimicrobial inhibiting all the strains, whereas the root of jaqueira only inhibited the strain of *L. monocytogenes*.

KEYWORDS: Antibacterial activity, extracts alcoholics, leaves, roots, jackfruit.

INTRODUÇÃO

O uso de plantas medicinais é feito desde a antiguidade e o conhecimento sobre as

propriedades representa, muitas vezes, o único recurso terapêutico de várias comunidades e grupos étnicos. As observações populares contribuem para a divulgação destes vegetais pelos efeitos medicinais que produzem, apesar de que geralmente, não se conheça seus constituintes químicos e se torne válidas as informações acumuladas ao longo dos anos. Assim tendo em vista o potencial terapêutico de plantas medicinais, a ampliação da produção científica nesta área é de grande importância para aprofundar o conhecimento de suas atividades farmacológicas e de suas propriedades toxicológicas (ARRAIS et al.; 2014).

A família *Moraceae* comprehende 38 gêneros e cerca de 1.150 espécies, representada principalmente na região Tropical, sendo mais de 50% dos gêneros estão presentes na região Neotropical, desde o México até a Argentina. No Brasil ocorrem 19 gêneros e 201 espécies, das quais 65 são endêmicas no país (SÃO-JOSÉ; NETO; 2016).

A jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lamk.) pertence à família *Moraceae*, é uma planta de grande porte chegado até 25 metros de altura, estima-se que a *Artocarpus heterophyllus* tenha sido trazida ao Brasil no período colonial XVII, pois possui sua origem na Índia, mas está presente em toda Ásia tropical. No Brasil é cultivada de forma doméstica em regiões onde ocorre chuva intensa o ano todo (LIMA et al.; 2009). Existem relatos de seu uso medicinal por populações ribeirinhas da Amazônia e do sertão do Alagoas, para tratamento de lesão tecidual da pele e inflamação da mucosa oral (CAVALCANTE et al., 2013).

Do ponto de vista econômico, as espécies de *Artocarpus* são bastante conhecidas pelos seus frutos, como a jaca, cuja parte comestível corresponde, na verdade, às paredes desenvolvidas dos ovários, popularmente conhecidos por bagos. Há, particularmente, duas variedades de jaca, de acordo com a consistência de seus bagos: a mole e a dura, sendo a primeira mais doce e macia, conhecida pelo nome de jaca-manteiga (PEREIRA, KAPALAN; 2013). A maioria das plantas possui compostos que são antimicrobianos e as protegem de microrganismos, como apresentado a seguir na Figura 1. Os compostos ativos encontrados em algumas plantas possuem ação antisséptica como, por exemplo, o timol e carvocrol, o eugenol e isoeugenol e o terpinenol-4. Em alguns casos os terpenos das essências, que são hidrossolúveis, têm maior poder antibacteriano que outros (Knobloch et al., 1989).

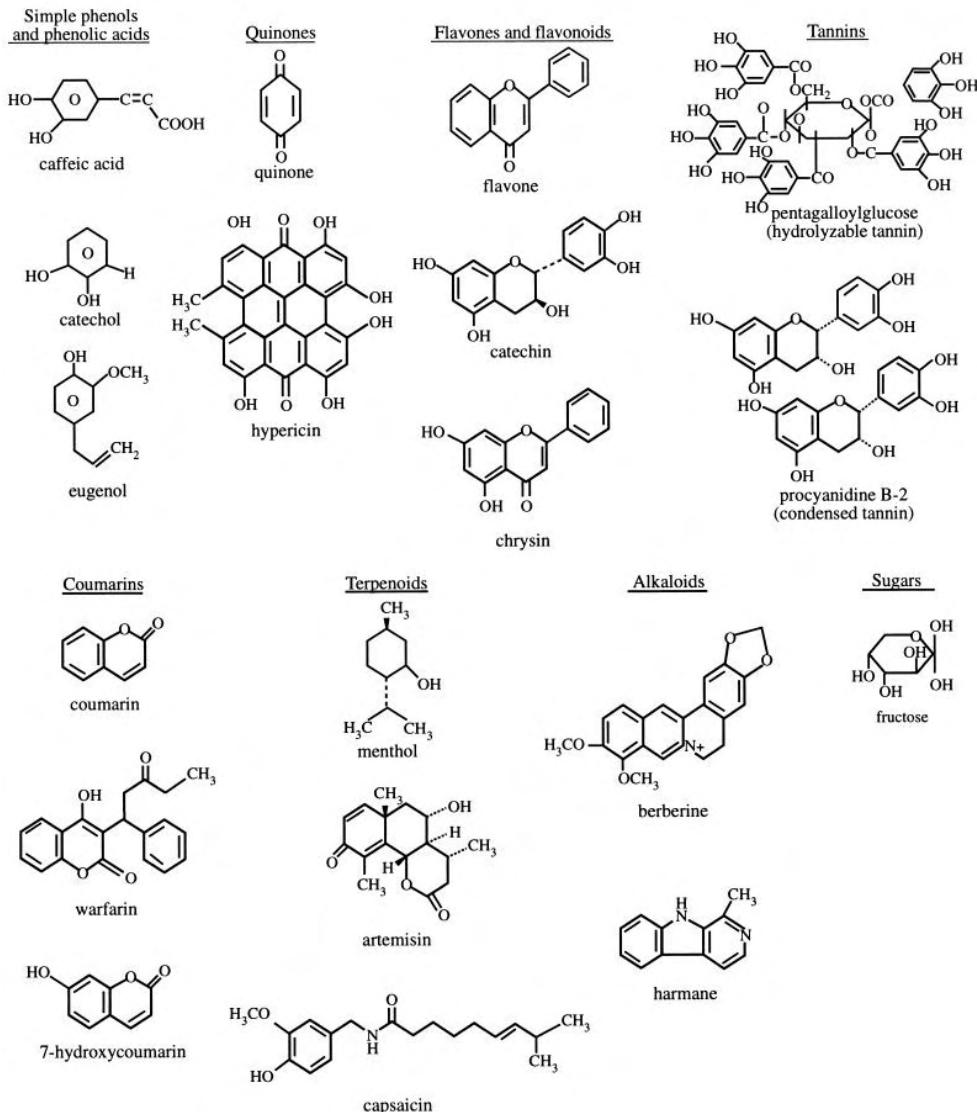


Figura 1- Fórmulas estruturais de compostos antimicrobianos (Cowan, 1999)

Para reduzir doenças e danos econômicos causados por microrganismos patogênicos, o uso de produtos naturais como compostos antimicrobianos parece ser uma maneira interessante de controlar a presença de bactérias patogênicas e estender a vida de prateleira de alimentos processados (Cowan, 1999; Filoche et al., 2005; Nedorostova et al., 2009), principalmente devido à prevalência de microrganismos resistentes a anti-sépticos e antibióticos convencionais e também pelo aumento do conceito popular sobre qualidade de alimentos e do potencial impacto negativo dos aditivos sintéticos na saúde. (Dorman & Deans, 2000)

Fenólicos Compostos

Os compostos fenólicos apresentam, em sua estrutura, vários grupos benzênicos característicos, tendo como substituintes grupamentos hidroxilas (HERNÁNDEZ; PRIETO GONZÁLES, 1999). Esta classe de compostos apresenta uma grande diversidade e divide-se em flavonóides (polifenóis) e não-flavonóides (fenóis simples ou ácidos). Os átomos de hidrogênio dos grupos hidroxila adjacentes (ortho-difenóis), localizados em várias posições dos anéis A, B e C, as duplas ligações dos anéis benzênicos e a dupla ligação da função oxo (-C=O) de algumas moléculas de flavonóides garantem a esses compostos sua alta atividade antioxidante (HRAZDINA; BORZEL; ROBINSON, 1970; RICE-EVANS; MILLER; PAGANGA, 1996).

Flavonóides

Os flavonoides representam um dos grupos mais importantes e diversificados de origem vegetal que se encontram geralmente em folhas, flores, raízes e frutos das plantas (Cowan, 1999). O mesmo composto pode ainda apresentar diferentes concentrações dependendo do órgão vegetal em que se encontra. Estas concentrações podem ser influenciadas por diversos fatores naturais como radiação solar, raios UV, estações do ano e ainda outros fatores como poluentes que podem alterar o metabolismo da planta (Harborne & Williams, 2000; Nijveldt et al., 2001).

Os flavonoides pertencem a uma ampla classe de substâncias químicas de origem natural, cuja síntese não ocorre em seres humanos. Contudo, apresentam uma série de propriedades farmacológicas que lhes permite atuar em sistemas biológicos e assim favorecer a saúde humana (Peterson et al., 1998). Até à atualidade mais de 8000 diferentes flavonoides foram descritos, sendo as suas principais classes os flavonóis, flavonas, flavanonas, flavanas, isoflavonoides e antocianinas. As principais classes e características dos flavonoides estão descritas na Tabela 1 (Bhagwat, S., 2011; Di Carlo, et al., 1999; Marchand, 2002; Sandhar et al, 2011; Yang et al., 2001).

Listeria monocytogenes

Apresentam-se na forma de bastonete gram positivo, móvel a 25°C, mas imóvel a 37°C, não formador de esporo, anaeróbio facultativo. O gênero *Listeria* é formado por seis espécies: *L. monocytogenes*, *L. innocua*, *L. seeligeri*, *L. welshimeri*, *L. ivanovii*, *L. grayi*. *Listeria monocytogenes* é o agente causador da listeriose, doença zoonótica grave que pode levar ao aborto, problemas neurológicos, septicemia e disfunções gastrointestinais. Alguns estudos sugerem que até 21% dos humanos sejam portadores desta bactéria nos intestinos (SKIDMORE, 1981; SCHUCHAT et al., 1991; MASCOLA et al., 1992; SLUTSKER & SCHUCHAT, 1999). *L. monocytogenes* é um microrganismo ubíquo, podendo ser isolado do solo, água, silagem, plantas e outras fontes ambientais. Esta bactéria é bem resistente e suporta os efeitos deletérios do congelamento, secagem, acidez e calor, mesmo não sendo

formadora de esporos (CLIVER, 1990; PERRY & DONNELLY, 1990; PELL, 1997; RYSER & MARTH, 1999; DYKES & MOORHEAD, 2000).

Escherichia coli

E. coli é uma espécie de bactéria pertencente à microbiota autóctone do trato entérico de mamíferos e aves. Entretanto, algumas cepas possuem potencial patogênico e causam distintas síndromes diarréicas, sendo divididas em diferentes grupos considerando seus fatores de virulência, síndromes clínicas, epidemiologia e diferentes sorogrupos (JAY et al., 2005).

S. enteritidis

O gênero *Salmonella* constitui-se de bactérias pertencentes à família Enterobacteriaceae, bacilos Gram-negativos, anaeróbios facultativos, não formadores de esporos com flagelos peritíquios, com exceção de *Salmonella Pullorum* e *Salmonella Gallinarum* (aflagelares) (SILVA, 1997). Os principais sintomas das salmoneloses clássicas (enterocolites) são dores abdominais, diarreia, vômito e febre e, em média, ocorrem de 12 a 36 horas após o consumo de água e alimentos contaminados. Entretanto, esse período de incubação pode variar em função da quantidade de células viáveis ingeridas e do sorotipo envolvido (SALYERS & WHITT, 1994).

Avaliar a ação antimicrobiana dos extratos alcoólicos das folhas e raízes da jaqueira frente as cepas de *L. monocytogenes*, *E. coli* e *S. enteritidis*.

O objetivo desse trabalho teve por finalidade testar a ação antimicrobiana dos extratos de folhas e raízes da jaqueira.

MATERIAIS E METODOS

Os extratos foram obtidos através pela secagem em estufa até o peso constante das folhas e raízes, seguido por Trituração até obtenção de um pó fino que foi misturado a uma solução hidroalcoólica (etanol 70%), na proporção de 10% (m.v⁻¹), onde permaneceu por 7 dias em recipiente âmbar fechado e a temperatura ambiente. A solução foi evaporada em evaporador rotativo a temperatura de 50°C para retirada do solvente.

Alíquotas dos extratos evaporados foram pipetados em cadrinhos e levados a estufa a 105°C para determinação de sólidos e perdas por dissecção. A análise de flavonoides totais foi realizada através da construção de uma curva padrão usando como substância de referência a queracetina. Alíquotas de 2 a 6 mL de solução etanólica de queracetina a 50 µg/mL, foram transferidas para balões volumétricos de 25 mL, contendo 1 mL de solução de cloreto de alumínio a 2,5%. O volume final foi ajustado com etanol. Para o branco foi utilizado uma solução de 1 mL de cloreto de alumínio diluído em balão de 25 mL. Após aguardar 30 minutos, foram tomadas leituras em espectrofotômetro na faixa de 425 nm. Para a determinação da amostra foram utilizadas 2 mL da solução hidroalcoólica do extrato

vegetal. O teor de fenóis totais foi obtido através da construção de uma curva padrão, tomando ácido gálico como substância de referência. Alíquotas de 2 a 9 mL de solução aquosa de ácido gálico, a 100 µg/mL, foram transferidos para balões volumétricos de 100 mL, contendo aproximadamente 70 mL de água destilada, em seguida 5 mL do reagente de Folin-Denis e, após 2 minutos, 10 mL de solução de carbonato de sódio saturada. O volume de cada balão foi ajustado com água destilada. O branco foi preparado da mesma forma, porém sem a adição do ácido gálico. Após 30 minutos, a leitura foi realizada em espectrofotômetro a 760 nm (FUNARI; FERRO; 2006).

A atividade antimicrobiana foi avaliada através do teste de difusão em disco, onde os extratos foram pipetados em discos de papel filtro de 6 mm de diâmetro previamente esterilizadas, que foram colocados sobre meio de cultura sólido previamente inoculado a concentração de 10^8 UFC (Unidade Formadora de colônia)/mL (OSTROSKY et al., 2008), o meio de cultura utilizado foi o ágar Müller Hinton. Foram utilizados quatro discos por placa inoculada, sendo um disco referente ao extrato de folhas, um disco referente ao extrato das raízes, um disco de controle para crescimento negativo contendo gentamicina e um disco para controle de crescimento positivo contendo uma solução de etanol a 50% referente a maior concentração do solvente presente no extrato.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 estão demonstrados os resultados referentes a análise gravimétrica dos extratos de folhas e raízes de jaqueira.

Amostra	Peso da amostra	Perdas por secagem ¹	Sólidos ¹
Folhas	9,826 g	91,62%	8,38%
Raízes	9,334 g	96,94%	3,06%

¹Expresso em porcentagem sob sobre a massa bruta dos extratos (M/M).

Tabela 1. Análises gravimétricas realizadas.

Os métodos gravimétricos são uma importante forma de caracterizar amostras que possuem composição complexa, permitindo que se conheça um pouco mais acerca da mesma, desta forma os resultados se apresentam de forma mais confiável e precisa em relação a sua composição, porém segundo FUNARI E FERRO (2008) a temperatura utilizada para a quantificação de sólidos e perdas por secagem não quantifica com precisão os compostos voláteis que podem ter se perdido, então seguindo orientação da metodologia de ensaios MET POA/21/01/01 proposta pelo Ministério da Agricultura (2013) os possíveis compostos voláteis devem ser representados juntamente com a umidade perdida.

Na tabela 2 estão representadas o teor de flavonoides e fenóis totais.

Amostra	Teor de flavonoides totais ¹	Teor de fenóis totais ²
Folhas	0,7689%	24,9217%
Raízes	-	2,1617%

¹Expresso como equivalente de quercetina sobre sólidos (M/M). ²Expresso como equivalente de ácido gálico sobre sólidos (M/M).

Tabela 2. Análises de flavonoides totais e fenóis totais.

Curva padrão flavonoides totais

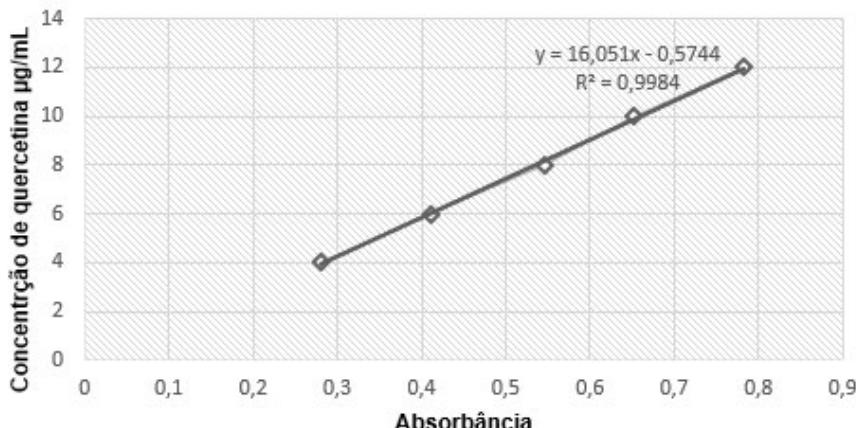


Gráfico 1. Referente a tabela 2

Curva padrão fenóis totais

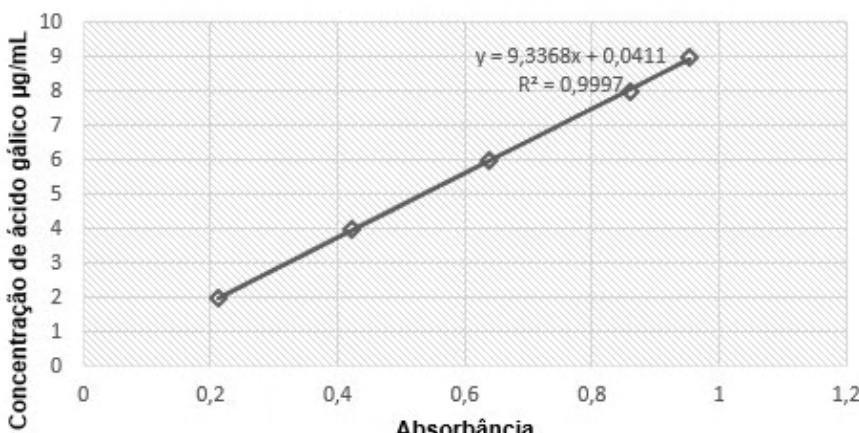


Gráfico 2. Referente a tabela 2

Segundo ANGELO E JORGE (2007) os compostos fenólicos naturais são originários do metabolismo das plantas e são produzidos principalmente por fatores ambientais. Ainda segundo ANGELO E JORGE (2007), não existe um método satisfatório para a extração de

compostos fenólicos, e a quantidade dos mesmos pode variar em virtude dos métodos e solventes utilizados. Associando as duas tabelas é possível estabelecer uma relação entre a quantidade de sólidos e a quantidade de fenóis encontrados em ambos os extratos, visto que a maioria dos compostos fenólicos são originalmente sólidos. Segundo SILVA et al (2010) o método para quantificação utilizado pode apresentar interferências de proteínas que possam estar presentes nos extratos.

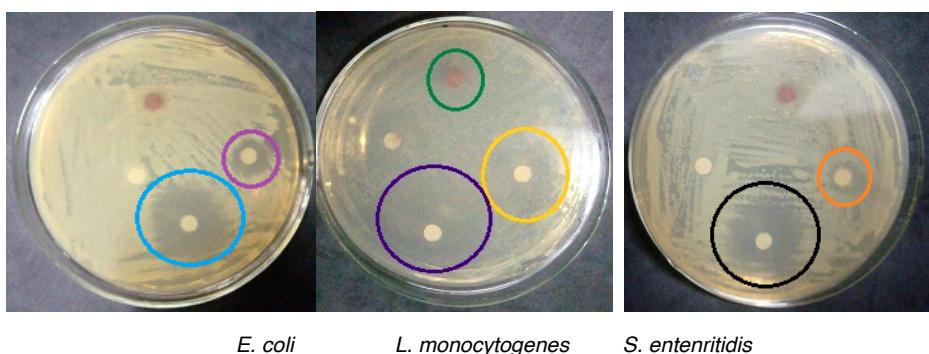
De uma forma geral, o efeito antibacteriano dos flavonoides deve-se também à atribuição de grupos fenólicos hidroxilo que apresentam afinidade para as proteínas e, por essa razão, atuam como inibidores de enzimas bacterianas, assim como interferem nas suas vias de síntese (Alcaráz et al., 2000; Ávila, et al., 2008; Li et al., 2012 Sato et al., 1995).

De acordo com Bylka e colaboradores, a flavona apigenina apresenta atividade contra *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* e *Bacillus subtilis*. De acordo com os mesmos autores, um outro estudo provou que a flavanona naringenina é ativa contra *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Enterococcus faecalis* (Bylka et al., 2004)

Diluições dos extratos foram testadas e em nenhuma delas houve a formação de halos, apenas utilizando os extratos em sua forma concentrada foi possível obter os resultados descritos na tabela 3.

Amostra	<i>E. coli</i>	<i>L. monocytogenes</i>	<i>S. entenritidis</i>
Folhas	15 mm	20 mm	12 mm
Raízes	-	15 mm	-

Tabela 3. Diâmetro dos halos de inibição.



O extrato das folhas da jaqueira apresentou halos nas três cepas testadas, em contra partida o extrato das raízes da jaqueira apresentou halo somente contra a cepa de *L.monocytogenes*. Segundo ARRAIS et al (2014) compostos como flavonoides, terpenos ou taninos tem atividade contra uma ampla variedade de microrganismos, associando as tabelas 2 e 3 é possível afirmar que esses compostos se encontram em maior quantidade

no extrato produzido com as folhas da jaqueira, o fato da *L.monocytogenes* apresentar halo de inibição contra o extrato das raízes da jaqueira indica que esta possui uma sensibilidade muito maior a estes compostos em relação as demais.

Em relação aos tamanhos de halos encontrados ARRAIS et al (2014) adotou a classificação de halos menores a 9 mm de diâmetro como extratos inativos, de 9 a 12 mm como ativos e de 13 a 18 mm ou maiores como extratos muito ativos, já OSTROSKY et al (2008) recomenda que a classificação seja feita em comparação a um antibiótico conhecido.

CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo indicam que o extrato de folhas da jaqueira se mostrou mais eficaz em relação a atividade antimicrobiana, inibindo todas as cepas *E. coli*, *L. monocytogenes* e *S. enteritidis*, devido sua maior quantidade de fenóis totais 24,9217% e flavonóides 0,7689%, visto que são eles os principais responsáveis pela ação antimicrobiana nas plantas, já os extratos de raízes da jaqueira inibiu apenas a cepa de *L. monocytogenes*, tendo a quantidade de fenóis totais 2,1617% e nenhuma quantidade de flavonóides.

REFERÊNCIAS

- ANGELO P. M.; JORGE N. Compostos fenólicos em alimentos. Rev. Instituto Adolfo Lutz, v. 66, n. 1, p. (1-9), 2007. Disponível em: <[https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-do-instituto-adolfo-lutz/66-\(2007\)-1/compostos-fenolicos-em-alimentos-uma-breve-revisao/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-do-instituto-adolfo-lutz/66-(2007)-1/compostos-fenolicos-em-alimentos-uma-breve-revisao/)>. Acesso em: 22 de out. de 2018.
- ARRAIS, L.G. et al. Atividade antimicrobiana dos extratos metanólicos da raiz, caule e folhas de *Croton pulegioides* Baill. (Zabelê). Rev. bras. plantas med., Botucatu, v. 16, n. 2, supl. 1, p. 316-322, 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-05722014000500002&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 21 Set. 2018.
- CAVALCANTE, G. M et al. Atividade antimicrobiana de *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae) sobre o desenvolvimento de *Streptococcus pneumoniae* e *Escherichia coli*. Scientia Plena, v. 9, n. 2, 2013. Disponível em: <<https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/1154/662>>. Acesso em: 06 abr. 2018.
- CLIVER, D.O. Foodborne Diseases. San Diego: Academic Press, 1990. 395p.
- Cowan MN 1999. Plant products as antimicrobial agents. Clin Microbiol Rev 12: 564-582.
- DORAN, A.L. et al. Vapour-phase activities of essential oils against antibiotic sensitive and resistant bacteria including MRSA. **Letters in Applied Microbiology**, v.48, n.4, p.387-92, 2009.
- DYKES, G.A., MOORHEAD, S.M. Survival of osmotic and acid stress by *Listeria monocytogenes* strains of clinical or meat origin. International Journal of Food Microbiology, v.56, p.161- 166, 2000.

FILOCHE, S.K.; SOMA, K.; SISSONS, C.H. Antimicrobial effects of essential oils in combination with clorhexidine digluconate. *Oral Microbiology and Immunology*, v.20, n.4, p.221-5, 2005.

FUNARI, C. S.; FERRO, V. O.. Análise de própolis. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, v. 26, n. 1, p. 171-178, Mar. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612006000100028&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 04 Jun. 2018.

JAY, J. M. Listerioses de origem animal. In: _____. **Microbiologia de alimentos**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. cap. 25, p. 517-542, 711 p.

KNOBLOCH, K. et al. Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. *Journal of Essential Oil Research*, v.1, n.1, p.119-28, 1989

LIMA, J. F. et al. GERMINAÇÃO DE SEMENTES PRÉ-EMBEBIDAS E CRESCIMENTO DE PLANTAS DE *Artocarpus heterophyllus* Lam.. *Scientia Agraria*, [S.I.], p. 437-441, out. 2009. ISSN 1983-2443. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/15717/10460>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

NEDOROSTOVA, L. et al. Antimicrobial properties of selected essential oils in vapour phase against food-borne bacteria. *Food Control*, v.20, n.2, p.57-60, 2009.

OSTROSKY, E. A. et al. Métodos para avaliação da atividade antimicrobiana e determinação da Concentração Mínima Inibitória (CMI) de plantas medicinais. *Rev. bras. farmacogn.*, João Pessoa, v. 18, n. 2, p. 301-307, Jun. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-695X2008000200026&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 04 Jun. 2018.

PEREIRA, V.J. *Artocarpus: Um Gênero Exótico de Grande Bioatividade*. FLORAM, v. 20, n. 1, p. 1-15, 2013. Disponível em: <<http://floram.org/doi/10.4322/floram.2012.075>>. Acesso em: 21 set. 2018.

PERRY, C.M.; DONNELLY, C.W. Incidence of *Listeria monocytogenes* in silage and its subsequent control by specific and nonspecific antagonism. *Journal of Food Protection*, v.53, p.642-647, 1990.

RYSER, E.T.; MARTH, E.H. *Listeria, Listeriosis, and Food Safety*. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1999. 738p.

SALYERS, A. A., WHITT, D. D. *bacterial pathogenesis: a molecular approach*. washington, D. C.: ASM Press, 1994.418 p.

SAO-JOSE, P. A.; ROMANIUC-NETO, S. Diversidade de *Dorstenia L.* (Moraceae) do Estado de São Paulo, Brasil. *Hoehnea*, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 247-264, jun. 2016. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2236-89062016000200247&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 21 set. 2018.

SCHUCHAT, A.; SWAMINATHAN, B.; BROOME, C.V. Epidemiology of human listeriosis. *Clinical Microbiology Reviews*, v.4, p.169-183, 1991.

SILVA L. C. et al. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. Seminal: Ciências Agrárias 2010, 31 (Jul-Set) : Disponível em:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744097017>>. Acesso em: 22 de out de 2018.

SILVA, J. A. Microbiologia da carcaça bovina: uma revisão. *Revista Nacional da Carne*, v. 24, p.62-87, 1997.

SKIDMORE, A.G. Listeriosis at Vancouver General Hospital, 1965-79. Canadian Medical Association, v.125, p.1217-1221, 1981.

Bylka, W., Matlawska, I., Pilewski, N.A. (2004). Natural Flavonoids as Antimicrobial

Cowan, M.M. (1999). Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4), pp. 562 – 584.

Harborne, J.B., Williams A.C. (2000). Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55, pp. 401 – 504.

Peterson, J.D. (1998). Flavonoids: Dietary occurrence and biochemical activity. *Nutrition Research*, 18, pp. 1995 – 2018.

Bhagwat, S., Haytowitz, D.B., Holden, J.M. (2011). USDA Database for the Flavonoid Content of Selected Foods. U.S. Department of Agriculture: Agricultural Research Center, Release 3, pp. 10-12.

Alcaráz, L.E., Blanco, S.E., Puig, O.N., Tomás, F., Ferreti, F.H. (2000). Antibacterial Activity of Flavonoids Against Methicillin – resistant *Staphylococcus aureus* strains. *J. theor. Biol.*, 205, pp. 231 – 240.

HERNÁNDEZ, A. M.; PRIETO GONZÁLES, E. A. Plantas que contienen polifenoles. *Revista Cubana de Investigaciones Biomedica*, Ciudad de La Habana, v.18, n. 1, p. 12-14, 1999.

HRAZDINA, G.; BORZEL, A. J.; ROBINSON, W. B. Studies on the stability of the anthocyanidin-3,5-diglucosides. *Am. J. Enol. Vitic.*, v. 21, n. 4, p. 201-204, 1970.

CAPÍTULO 4

CARBONO E BIOMASSA AÉREA EM PLANTIOS DE *Calophyllum brasiliense* NO SUL DO TOCANTINS

Data de aceite: 03/10/2022

Maria Cristina Bueno Coelho

<http://lattes.cnpq.br/2999809334076571>

Mauro Luiz Erpen

<http://lattes.cnpq.br/7329927485701691>

Juliana Barilli

Maurilio Antonio Varavallo

Mathaus Messias Coimbra Limeira

<http://lattes.cnpq.br/6551417035349065>

Marcos Giongo

Damiana Beatriz da Silva

<https://orcid.org/0000-0003-2962-9964>

Jair da Costa Oliveira Filho

<http://lattes.cnpq.br/3329590820765799>

Max Vinicios Reis de Sousa

Wádilla Morais Rodrigues

<http://lattes.cnpq.br/0149734248490627>

RESUMO: O *Calophyllum brasiliense* Cambess, a primeira madeira de lei do Brasil (lei de 7 de janeiro de 1835), conhecido popularmente por Guanandi, é uma espécie florestal de considerado valor comercial e de grande importância no manejo florestal. Se apresenta como excelente opção para indústrias do setor florestal brasileiro (DUFFECKY e FOSSATI, 2009). O objetivo deste trabalho é realizar estimativas da quantificação de biomassa e carbono aéreo (árvore+ serapilheira)

testando a hipótese de que o espaçamento e a idade influenciam no total de biomassa e carbono. Os valores médios de biomassa, carbono , Co2 e volume da parte áerea (árvores+serapilheira) são maiores no T 5 com idade de 11 anos e espaçamento de 4 x 2 m (8m²) seguidos dos talhões T4,T6 e T2 todos com espaçamento de 3 x3 m (9 m²) e idade de 7 anos comprovando a hipótese testada neste trabalho. Os processos de produção, acúmulo e decomposição da serapilheira contribuíram para a transferência de carbono e retorno de nutrientes no solo das áreas deste estudo.

PALAVRAS-CHAVE: *Calophyllum brasiliense*; estoques de carbono, volume.

ABSTRACT: *Calophyllum brasiliense* Cambess, the first hardwood in Brazil (law of January 7, 1835), popularly known as Guanandi, is a forest species of considerable commercial value and of great importance in forest management. It presents itself as an excellent option for industries in the Brazilian forest sector (DUFFECKY and FOSSATI, 2009). The objective of this work is to estimate the quantification of biomass and aerial carbon (tree + litter) testing the hypothesis that spacing and age influence the total of biomass and carbon. The average values of biomass, carbon, Co2 and volume of the aerial part (trees + litter) are higher in T 5 with an age of 11 years and spacing of 4 x 2 m (8m²) followed by plots T4, T6 and T2, all with of 3 x3 m (9 m²) and age of 7 years, proving the hypothesis tested in this work. Litter production, accumulation and decomposition contributed to the transfer of carbon and return of nutrients in the soil of the

areas of this study.

KEYWORDS: *Calophyllum brasiliense*; carbon stocks, volume.

1 | INTRODUÇÃO

O *Calophyllum brasiliense* Cambess, a primeira madeira de lei do Brasil (lei de 7 de janeiro de 1835), conhecido popularmente por Guanandi, é uma espécie florestal de considerado valor comercial e de grande importância no manejo florestal. Se apresenta como excelente opção para indústrias do setor florestal brasileiro (DUFFECKY e FOSSATI, 2009). Pode ser encontrada de norte a sul do país, pois ela se adapta a diversos tipos de clima e solo. É muito utilizada na fabricação de móveis finos por apresentar ótimas características silviculturais e ótima qualidade da madeira se assemelhando à madeira de mogno e cedro, chegando a substituir essas espécies em alguns países (DUFFECKY e FOSSATI, 2009; CIDRÃO, 2012). Assim, torna-se relevante o conhecimento das condições ideais de crescimento de suas árvores individuais e como a competição com outros indivíduos a influenciam, sendo assim avaliadas pela morfometria das mesmas juntamente com índices de competição (COSTA et. al., 2015).

A biomassa vegetal apresenta uma composição estimada de 45% de carbono, com isso, o CO₂ da atmosfera é capturado pelas plantas através do processo de fotossíntese, que posteriormente as plantas utilizarem como alimento e energia para seu crescimento. Em outra estimativa em relação ao hectare de plantio arbóreo que pode absorver aproximadamente 10 toneladas de carbono por hectare/ano, da atmosfera (RIBAS et al. 2009). Contudo, não pode deixar de salientar que as relações dendrométricas têm uma importância na avaliação da produtividade e volume de povoamentos florestais (SANTOS et al. 2017). A biomassa florestal é definida como uma fração arbórea ou toda a biomassa contida na floresta constituída de matéria vegetal como a madeira, galhos e folhas resultantes da exploração dos povoamentos florestais, podendo ser matéria viva ou morta (SILVEIRA, 2008). A biomassa se reveste de notável valor na formação de sistemas descentralizados de suprimento em pequena escala, uma vez que tolera o aproveitamento de recursos naturais locais, bem como a compatibilização da potência gerada de acordo com uma demanda específica, acrescentando a autossuficiência dessas regiões e diminuindo o valor da energia. A quantidade de biomassa presente por hectare pode variar entre os tipos de florestas e entre as regiões dentro de uma floresta.

Das considerações acima, realizou-se um inventário florestal da espécie *Calophyllum brasiliense* Cambess em diferentes espaçamentos e idades de propriedade da Empresa JAMP Agropecuária, Reforestamento Indústria e Comércio Ltda, tendo como objetivo realizar estimativas da quantificação de biomassa e carbono aéreo (árvore+ serapilheira) testando a hipótese de que o espaçamento e a idade influenciam no total de biomassa e carbono.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Descrição da área

A fazenda tem sede social na zona rural, denominada Fazenda Reunidas, na Estrada Dueré à Capão do Côco, Km 25, no Município de Dueré – Tocantins, CEP 77.485-000, está situada a 225 metros de altitude, entre as coordenadas geográficas Latitude: 11°20'46" Sul e Longitude: 49°16'6" Oeste, distante 221 km da capital Palmas, Tocantins.

As áreas foram preparadas para o plantio de *Calophyllum brasiliense*, em diferentes espaçamentos (aumentando 5% de mortalidade no campo). Na distribuição de corretivos, na cova, utilizou-se 0,39Kg/Cova ou 660Kg/ha de calcário dolomítico, com PRNT de 95%. Na adubação mineral, feita com super triplo, foram consumidos 200 kg/ha, ou seja, 0,03 Kg/Cova. A adubação de cobertura foi feita com sulfato de amônio após três meses da implantação do reflorestamento, com dosagem de 70kg/ha, ou seja, 0,015Kg/Cova. Realizou-se cinco combates a formigas no ano de implantação da floresta, quatro roçadas mecânicas entrelinhas, carpa e uma aplicação de inseticida. Neste ano, foi feita outra adubação de cobertura, utilizando-se 06-30-06 + micro na dose de 70kg/ha, ou seja, 0,015Kg/Cova. O *Calophyllum brasiliense* foi conduzido apenas com manutenção simples, o que implica na reforma de aceiros, roçada mecânica entrelinha, aplicação de herbicida, combate a formigas e aplicação de inseticida. Além da manutenção do reflorestamento, ocorre a desrama de 1/3 da altura total da árvore, juntamente com o desbaste de 25% das árvores do plantio (10 anos). Consequentemente, corte e carregamento das toras e transporte até o pátio da fazenda. As áreas plantadas com a espécie foram divididas dentro da propriedade em talhões.

2.2 Talhonamento e definição do desenho de amostragem

Foi feito inventário contínuo com amostragem aleatória simples por talhão. Sendo a estrutura da amostragem materializada de forma mais duradoura, para poder medir novamente os mesmos elementos (árvores) ao longo do tempo. Utilizou-se, para tal, a pintura das árvores limítrofes da parcela com um anel e com dois anéis a primeira árvore da parcela que indica também o sentido do caminhamento (Figura 1). Também nas quatro árvores de cada canto da parcela foram tomadas as coordenadas UTM.

O caminhamento dentro de cada parcela amostral foi feito a partir da primeira árvore (árvore número 1) no sentido da linha até a árvore 10 (final da linha) passando para a coluna 2 sentido árvore 11 a 20. Segundo, desta forma, até a árvore 100 (caminhamento zigue-zague conforme figura 2) de forma a amostrar 100 árvores em cada (10 linhas por 10 colunas).

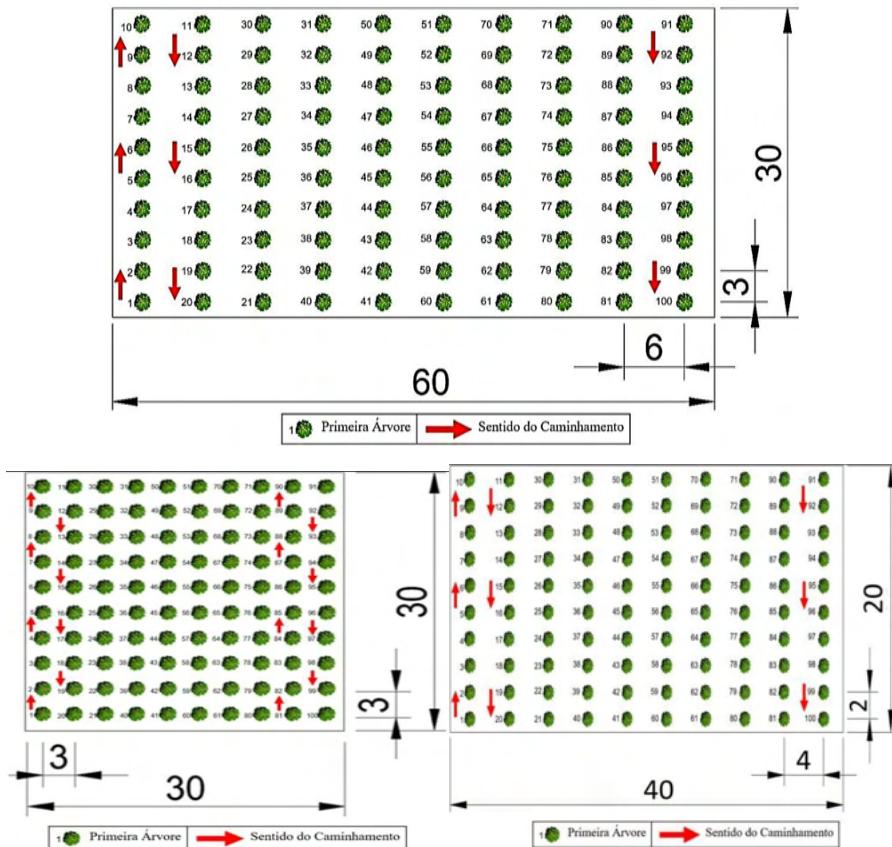


Figura 1: Croqui dos diferentes tamanhos de parcelas com o sentido do caminhamento

De acordo com a NATURATINS o nível de amostragem mínimo de 2% (dois por cento), que deve ser em relação à área explorada; com um erro amostral 10% e intervalo de confiança 95% de probabilidade; desta forma foi calculado, para cada talhão, utilizando a fórmula:

$$n = \frac{t^2 CV^2}{E\%^2 + \frac{t^2 CV^2}{N}}$$

Em que: N = tamanho da amostra; t = valor tabelado da distribuição t de Student, ($n-1$ gl); CV = coeficiente de variação (valor em %); $E\%$ = erro de amostragem admissível; e N = número total de unidades da população.

As parcelas amostrais tiveram seu tamanho determinado pelo espaçamento de cada talhão, sendo especificado na Tabela 1.

Talhão	Secção	Espaçamento	Tamanho Parcela (m)	Área (ha)	Idade (anos)	Área (m ²)	Nº total de parcelas
T1	S1	3 x 6	30 x 60	92,7	7	1800	23
	S2	3 x 6	30 x 60	84,4	7	1800	10
T2		3 x 3	30 x 30	32,3	7	900	15
T3		3 x 3	30 x 30	10	13	900	3
T4		3 x 3	30 x 30	371	7	900	94
T5		4 x 2	20 x 40	31,9	13	800	9
T6		3 x 3	30 x 30	175	7	900	40
Total				797,3			194

Tabela 1: Tamanho e forma das parcelas em cada Talhão

As unidades amostrais foram determinadas de forma aleatória sendo a aleatorizada feita através do uso da tabela de números aleatórios para cada Talhão. As variáveis dendrométricas avaliadas foram o CAP (circunferência a altura do peito (sendo considerada a medida feita a 1,30 m da base) tomada com uma fita métrica de todas as árvores vivas da parcela e depois convertida em DAP (diâmetro a altura do peito) pela fórmula $DAP = CAP/\pi$; Ht (altura total tomada em metros com aparelho hipsômetro blume leiss) das duas primeiras linhas de árvores de cada parcela. As demais foram estimadas por modelos de relação hipsométrica ajustadas para o banco de dados.

2.3 Relação hipsométrica

A relação hipsométrica (h/d) foi modelada com os dados obtidos nas parcelas amostrais feito em cada talhão, a partir dos dados das parcelas permanentes do inventário florestal. Essa relação foi usada para fornecer a altura das árvores que tiveram apenas o diâmetro medido (duas primeiras linhas de cada parcela). Como já existia um modelo de relação hipsométrica testado para a área, foram somente recalculadas suas precisões e ajustes observando os coeficientes com sua significância, o coeficiente de determinação ajustado (R^2aj), o coeficiente de variação em percentagem (CV%) e a estatística F (F), que permitiram a correspondente seleção. A função ajustada é o modelo Hiperbólico descrito por:

$$\frac{d^2}{\sqrt{h}} - 1,30 = \beta_0 + \beta_1 \cdot d + \beta_2 \cdot d^2$$

Em que: β_0 , β_1 , β_2 = coeficientes da regressão; h = altura total medida em metros; d = diâmetro a altura do peito medido em cm.

2.4 Determinação de biomassa áerea (árvores)

Foi feita amostragem destrutiva e indireta. A amostragem destrutiva consiste na derrubada de árvores para a medição da biomassa de tronco, folhas, galhos, frutos e flores.

O protocolo recomenda medir árvores com DAP maior que 2 cm para florestas plantadas, enquanto a amostragem indireta consiste na utilização de modelos matemáticos.

A primeira tarefa a ser realizada no processo de amostragem destrutiva das árvores é o inventário, para poder selecionar as árvores a serem derrubadas. Deve-se proceder à medição do DAP de todas as árvores dentro das parcelas. O próximo passo foi realizar a distribuição de frequência (fórmula de Struger = 1+3,3 log n) dos DAP's medidos em campo em cada talhão (Tabela 2).

CC	FA						
	T1S1	T1S2	T2	T3	T4	T5	T6
2.5	72 (2)	17 (2)	55 (2)	1	10 (1)		
5.5	231 (2)	110 (2)	280 (2)	13 (1)	43 (1)	22 (2)	22 (2)
8.5	609 (5)	229 (3)	425 (56)	19 (2)	112 (2)	104 (4)	104 (2)
11.5	233 (2)	86 (2)	258 (3)	43 (3)	252 (2)	350 (4)	350 (5)
14.5	36 (1)	8 (2)	36 (2)	30 (2)	316 (4)	221 (4)	221 (5)
17.5	0		5 (2)	5 (2)	495 (4)	18 (2)	18 (1)
20.5	1		1	2 (2)	586 (4)	2	2
23.5					351 (4)	1	1
26.5					147 (1)		2
29.5					43 (1)		
32.5					8 (1)		1
35.5					2		
TOTAL	1182	450	1060	113	2365	718	721

Obs: O número de árvores abatidas está entre parênteses

Tabela 2 :Número de árvores a ser abatida (NAA) para cubagem rigorosa por Smaliam por centro de classe e por talhão de Acordo com a frequência absoluta

Todos os componentes das árvores derrubadas foram pesados(tronco, galhos grossos, galhos finos, flores e frutos (se for o caso)). Recomenda-se que a copa da árvore seja direcionada sobre uma lona plástica resistente, para que o manuseio de separação de cada componente seja individualizado sem perdas. Primeiramente, faz-se a medida da altura total e, em seguida, da altura comercial da árvore (inserção do primeiro galho vivo). Nesta altura, a árvore deve ser seccionada, separando-se tronco e copa. Outros discos nas alturas correspondentes à base, DAP, 25%, 50% e 75% da altura comercial devem ser obtidos na sequência. De posse dos resultados da densidade da madeira em cada seção do tronco, a biomassa total do tronco é estimada pela equação:

$$\text{Biomassa tronco (kg)} = \sum \frac{V_i}{D_i}$$

Em que: V=volume do tronco na seção i , em m^3 ; d=densidade da madeira na seção i , em $kg.m^3$

$$\text{Volume tronco (m}^3\text{)} = \sum \frac{(A_i + A_{i+1})}{2} * L$$

Em que: A=área da seção na posição i , em m^2 ; L=comprimento da seção, em m.

A parte da biomassa da copa da árvore é obtida pela soma do peso individual dos seus componentes. A copa deve ser separada em galhos finos ($< 2,5$ cm diâmetro), galhos grossos, folhas, frutos e flores. Após a pesagem da massa verde individual de cada componente, uma amostra representativa deve ser obtida para obtenção do peso seco de cada componente e da concentração de C e N no tecido vegetal. As folhas foram coletadas em três pontos da copa: base, intermediária e ápice. Ressalta-se que a massa da amostra fresca deve ser anotada para estimativa do conteúdo de água.

Os galhos grossos foram amostrados com um disco de mesma espessura e dos galhos finos são retiradas cinco amostras (discos ou porções) aleatoriamente. Dos demais componentes são retiradas de três a cinco amostras individuais [folhas (parte inferior, mediana e superior), frutos, flores e outros]. No laboratório, tanto os discos quanto as amostras dos demais componentes da árvore devem ser levados à estufa com circulação forçada a 65°C , até peso constante. Parte deste material é subamostrado para determinação do teor de carbono em laboratório.

2.5 Determinação da biomassa da serrapilheira

As amostras de serrapilheira foram coletadas com o auxílio de uma moldura metálica de $0,50\text{m} \times 0,50\text{m}$ ($0,25\text{m}^2$), sendo lançada quatro vezes em cada ponto (cada lançamento nos quatro postos cardeais (Norte, Sul, Leste e Oeste), e em cada lançamento recolhido todo o material que ficou na parte interna desta moldura e colocados em sacos plásticos devidamente identificados (ZHANG et al., 2017). Constitui- se um compartimento a partir do qual os nutrientes serão redisponibilizados para as camadas superficiais do solo por meio de contínuos processos de degradação ao longo da decomposição do material (Figura 2).



Figura2: Etapas de coleta de serrapilheira dentro das parcelas

O gabarito foi lançado entre as colunas das parcelas (de acordo com o tamanho da parcela), sendo 9 lançamentos partindo do centro da parcela para as extremidades (Figura

3), formando uma amostra composta por parcela.

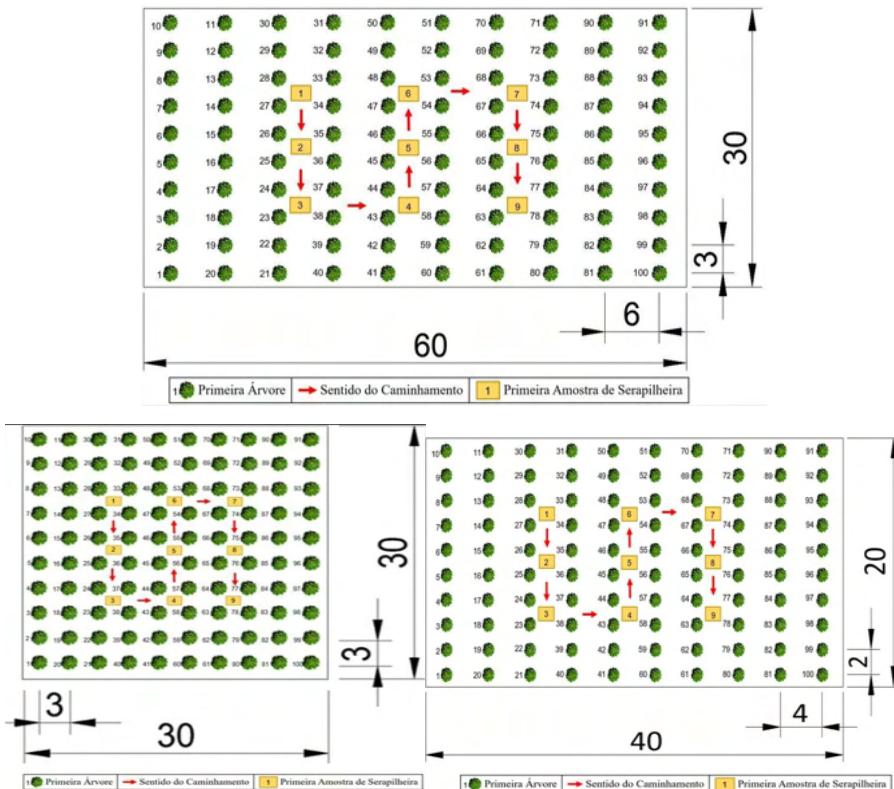


Figura3: Croqui dos pontos de coleta de serrapilheira de acordo com o tamanho das parcelas com o sentido do caminhamento.

O material foi pesado em balança de campo de precisão eletrônica de 0,01g e dele retiradas amostras de aproximadamente 150 gr para posterior envio para análise. Nos casos em que a serrapilheira ficou parte dentro e parte fora da moldura, foi coletada apenas a parte que estava no interior delas. O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos e etiquetado e, posteriormente, foi levado ao laboratório da Sellar para análise do composto orgânico.

2.6 Biomassa aérea total

A biomassa aérea sobre o solo é calculada através da biomassa de todos os demais componentes.

$$\text{Biomassa sobre o solo} = \text{Biomassa serrapilheira} + \text{Biomassa arbórea}$$

Sendo que a biomassa da serrapilheira é determina por:

$$Bs = \frac{((Valor\ da\ matéria\ orgânica\ total\ da\ análise * 0,000001) * 10000)}{2,25}$$

Em que: Biomassa Serrapilheira (matéria orgânica) ton.ha⁻¹

A mensuração da biomassa total, por por talhão, foi realizada a partir da aferição da massa, utilizando-se uma balança eletrônica digital suspensa com gancho, modelo 300S da marca TEEM com capacidade máxima de 300 kg.

Uma vez que todas as árvores da parcela foram inclusas no inventário florestal, identificadas e enumeradas, todos os indivíduos foram abatidos com auxílio de motosserra. Após o abate da árvore, os troncos foram subdivididos em porções menores (toretas) para facilitar o transporte dos mesmos até a balança que ficava suspensa, sendo esse material foi classificado como lenho do estrato arbóreo. Em seguida, os galhos ou fustes que possuíam diâmetros inferiores a 2 cm também foram separados e com auxílio de foices foram formados feixes e amarrados para também serem pesados, sendo esse material classificado como o componente galho do estrato arbóreo.

As massas de cada componente foram determinadas e amostradas para posterior determinação dos teores de umidade (SILVA e SAMPAIO, 2008). Em laboratório, as amostras úmidas foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar, para secar, à temperatura de 65°C, até a estabilização do seu peso seco segundo a metodologia descrita por MOURA et al., (2006).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em atendimento as normativas da NATURATINS o nível de amostragem mínimo é de 2% (dois por cento), que deve ser em relação à área explorada; com um erro amostral 10% e intervalo de confiança 95% de probabilidade foram medidos os seguintes números de parcelas por talhão (Tabela 3):

Talhão	Subdivisão	AT (ha)	Espaçamento (m)	NP	IA %
Talhão 1	Secção 1	92,7	3x 6	23	4,46
	Secção 2	84,4	3 x 6	10	2,30
Talhão 2		32	3 x 3	15	4,21
Talhão 3		10	3 x 3	3	2,5
Talhão 4		371	3 x 3	94	2
Talhão 5		31,9	4 x 2	9	2,25
Talhão 6		175	3 x 3	40	2
TOTAL		797		194	

Em que: AT= área total do talhão; NP= número de parcelas do inventário piloto; IA = intensidade amostral.

Tabela 3: Intensidade Amostral por Talhão

Desta forma o inventário piloto passa a ser o definitivo para todos os talhões.

3.1 Relação hipsométrica

Após a coleta dos dados do SIFC (parcelas e cubagem), procedeu-se a avaliação dentre vários modelos hipsométricos utilizados na área florestal, o que levou a seleção do seguinte de acordo com R^2 aj = 0,962 e $S_{yx\%}$ = 3,23:

Hiperbólico

$$\frac{d^2}{\sqrt{h}} - 1,30 = -6,405 + 3,353 * d + 0,219 * d^2$$

3.2 Estatística descritiva dos talhões

O T1S1 tem a média do diâmetro dos indivíduos na secção 1 correspondeu a 9,25 centímetros, variando cerca de 24,32% em torno da média. O diâmetro mínimo encontrado foi de 2,55 cm (CAP = 8 cm) e o máximo de 22,60 centímetros (CAP = 70,99 cm). A área basal média por hectare é de $1,98m^2 ha^{-1}$ o volume de $10,77 m^3 ha^{-1}$. A Secção 2 tem a média do diâmetro dos indivíduos na secção correspondeu a 1,18 cm, variando cerca de 22,36% em torno da média. O diâmetro mínimo encontrado foi de 3,18 cm e o diâmetro máximo foi de 17,19 cm. A área basal média por hectare é de $2,13 m^2.ha^{-1}$ e o volume de $12,40 m^3.ha^{-1}$.

O T2 tem média do diâmetro dos indivíduos correspondeu a 9,44 centímetros, variando cerca de 28,58% em torno da média. O diâmetro mínimo encontrado foi de 2,55 cm e o foi de 20,05 cm. A área basal média por hectare é de $5,94 m^2.ha^{-1}$ o volume de $41,73 m^3.ha^{-1}$. No Talhão a média do diâmetro dos indivíduos correspondeu a 10,46 cm, variando cerca de 40,47% em torno da média. O diâmetro mínimo encontrado foi de 4,45 cm e o diâmetro máximo foi 23,013 cm. A área basal média por hectare é de $4,18 m^2.ha^{-1}$ o volume de $53,54 m^3.ha^{-1}$. Para o T4 a média do diâmetro dos indivíduos correspondeu a 12,55 cm, variando 27,80% em torno da média. A área basal média por hectare é de $3,72 m^2.ha^{-1}$ o volume de $31,93 m^3.ha^{-1}$.

Já no T5 a média do diâmetro dos indivíduos correspondeu a 12,02 cm, variando cerca de 19,56% em torno da média. O diâmetro mínimo encontrado foi de 4,45 cm e o máximo foi de e 23,013 cm. A área basal média por hectare é de $11,75 m^2.ha^{-1}$ e o volume de $126,53 m^3.ha^{-1}$. E para o T6 a média do diâmetro dos indivíduos correspondeu a 12,02 cm, variando cerca de 19,56% em torno da média, O diâmetro mínimo encontrado foi de 4,45 cm e o máximo foi de 23,013 cm. Os dados de DAP e Ht indicam que em todas as áreas existe recrutamento das menores para as maiores classes. O IMA médio está abaixo do esperado para espécie nesta idade fato este ocorrido pela falta de tratos silviculturais (desbaste e desrama) na área (Tabela 4)

T1S1				
Variável	DAP (cm)	Ht (m)	g (m ²)	v (m ³)
Média	9,25	5,25	0,0072	0,038
Erro padrão	0,07	0,02	9,50952E-05	0,001
Desvio padrão	2,25	0,85	p0,0032	0,023
Coeficiente de variação (%)	24,32	16,19	44,33	59,37
Curtose	1,09	0,24	9,6708	2,539
Assimetria	-0,22	-0,16	1,2592	0,332
Mínimo	2,55	2,50	0,0005	0,335
Máximo	22,60	8,87	0,0401	44,59
IMA	1,32	0,75	0,0010	0,0054
Quantidade de Indivíduos	1182			
T1S2				
Variável	DAP (cm)	Ht (m)	g (m ²)	v (m ³)
Média	10,18	5,88	0,008546	0,047
Erro padrão	0,11	0,04	0,000171	0,001
Desvio padrão	2,28	0,91	0,003619	0,026
Coeficiente de variação (%)	22,36	15,45	42,35	56,35
Curtose	0,77	0,83	0,790375	1,614
Assimetria	-0,21	-0,19	0,646003	1,025
Mínimo	0,95	2,00	7,16E-05	0,000
Máximo	17,19	9,00	0,023205	0,168
IMA	1,45	0,84	0,00106	0,0058
Quantidade de Indivíduos	450			
T2				
Variável	DAP (cm)	Ht (m)	g (m ²)	v (m ³)
Média	9,44	6,91	0,0075	0,053
Erro padrão	0,08	0,04	0,0001	0,001
Desvio padrão	2,70	1,29	0,0041	0,03544
Coeficiente de variação (%)	28,58	18,71	54,33	66,67
Curtose	-0,12	0,84	1,7336	2,9092
Assimetria	0,08	-0,41	0,9132	1,2250
Mínimo	2,55	2,65	0,0005	0,0012
Máximo	20,05	12,68	0,0315	0,2791
IMA	1,18	0,86	0,0009	0,0066
Quantidade de Indivíduos	1060			
T3				
Variável	DAP (cm)	Ht (m)	g (m ²)	v (m ³)
Média	10,46	6,45	0,0099	0,1281
Erro padrão	0,40	0,19	0,0007	0,0139

Desvio padrão	4,23	2,00	0,0078	0,1487
Coeficiente de variação (%)	40,47	30,93	78,79	116,05
Curtose	-0,22	0,00	0,9974	2,8668
Assimetria	0,52	-0,39	1,2757	1,8318
Mínimo	1,91	0,52	0,0002	0,0005
Máximo	20,85	10,00	0,0341	0,6659
IMA	0,74	0,46	0,080	0,0091

Quantidade de Indivíduos	113
--------------------------	-----

T4

Variável	DAP (cm)	Ht (m)	g (m ²)	v (m ³)
Média	12,55	8,56	0,0133	0,1142
Erro padrão	0,07	0,0310	0,0001	0,0013
Desvio padrão	3,49	1,5090	0,00679	0,0679
Coeficiente de variação (%)	27,80	17,61	50,98	59,49
Curtose	-0,10	3,1626	0,6408	1,0107
Assimetria	-0,21	-1,0021	0,5950	0,7512
Mínimo	0,95	1,7168	7,16E-05	0,0006
Máximo	24,19	17	0,0459	0,4880
IMA	1,56	1,01	0,0016	0,014
Quantidade de Indivíduos	2365			

T5

Variável	DAP (cm)	Ht (m)	g (m ²)	v (m ³)
Média	12,02	11,06	0,01179	0,1268
Erro padrão	0,08	0,03	0,0001	0,0021
Mediana	12,12	11,16	0,0115	0,1211
Modo	13,05	11,57	0,0133	0,1454
Desvio padrão	2,35	1,06	0,0044	0,0588
Coeficiente de variação (%)	19,56	9,58	37,59	46,35
Curtose	0,94	0,48	3,1496	5,7585
Assimetria	-0,16	-0,45	0,7542	1,2468
Mínimo	4,456	7,99	0,00155	0,0118
Máximo	23,01	14,95	0,0415	0,5830
IMA	0,85	0,79	0,0008	0,0090
Quantidade de Indivíduos	718			

T6

Variável	DAP (cm)	Ht (m)	g (m ²)	v (m ³)
Média	11,22	7,12	0,01064	0,0772
Erro padrão	0,09	0,04	0,00016	0,0015
Desvio padrão	3,09	1,18	0,0057	0,0533
Coeficiente de variação (%)	27,54	16,56	53,55	69,00

Curtose	0,19	4,14	3,99087	11,7816
Assimetria	0,20	0,15	1,179008	2,0950
Mínimo	3,50	0,50	0,000963	0,0106
Máximo	23,03	12,31	0,05615	0,6310
IMA	1,60	1,01	0,0013	0,0096
Quantidade de Indivíduos		1136		

Tabela 4: Estatística descritiva do diâmetro, altura e área basal de todos os Talhões (valores médios por árvore)

3.3 Carbono e Biomassa aérea (árvores + serrapilheira)

Os valores do teor de biomassa, carbono para madeira e casca são próximos aos encontrados em diversos estudos sobre a composição elementar de madeira e casca de diferentes espécies florestais (TRUGILHO et al., 2012; SANTOS et. al., 2011; CARNEIRO et al., 2014; GUIMARÃES NETO, 2017). De acordo com Raad (2004), a composição elementar da biomassa florestal não varia muito, e os valores atribuídos ao carbono são de aproximadamente 50%. A quantificação do teor de carbono é de grande importância na avaliação energética da biomassa florestal, pois correlaciona-se positivamente ao poder calorífico e ao desempenho energético do combustível (PROTÁSIO et al., 2011). Assim, as espécies florestais com os maiores teores de carbono possuem também uma maior capacidade térmica em função da maior energia liberada (SANTOS et al., 2011).

Os valores de carbono, biomassa e volume diferiram entre sim em todos os talhões mostrando que efeito do espaçamento e da idade é uma característica significativa para esta espécie. De modo geral, observou-se que os valores de biomassa, carbono e volume são maiores no talhão de maior idade (T5) .

A estimativa de massa de carbono por área de um dado material genético é uma informação relevante para a quantificação do carbono fixado na biomassa, sendo essas informações fundamentais para a tomada de decisão da correta seleção dos melhores clones mais produtivos e para uma possível obtenção de créditos de carbono com o plantio florestal (TRUGILHO et al., 2010)

Os valores de serrapilheira são baixos pois temos que considerar que a área está inserida em uma planície aluvial, e que, de acordo com Lima e Zakia (2000), as florestas aluviais possuem variação em termos de estrutura, composição e distribuição espacial, resultantes da dinâmica dos processos de deposição e erosão de sedimentos, de saturação do solo e deposição de matéria orgânica (tabela 5).

Nos relatos de Pagano e Durigan (2000) em áreas que sofrem alagamentos periódicos possuem um processo de perda de nutrientes com o arrastamento da serrapilheira pelas águas dos rios em áreas inundáveis. As áreas que são sujeiras a este processo têm suas comunidades vegetais frequentemente perturbadas, permanecendo indefinidamente em

estágios sucessionais intermediários. Além de que, a ciclagem de nutrientes entre os diversos fragmentos do ecossistema passa a ser totalmente aberta e imprevisível.

Talhão	ÀRVORES				Serrapilheira			Volume		
	Biomassa		Carbono		Co ₂	Carbono total	MO total	Co ₂		
	ton	ton.ha ⁻¹	ton.	ton.ha ⁻¹	m ³	m ^{3.ha⁻¹}				
T1S1	1,87	10,39	0,84	4.68	17.18	0.33	0.59	1.21	1,94	10,77
T1S2	2,14	11,91	0,96	5.36	19.67	0.18	0.33	0.66	2,23	12,41
T2	2,83	31,49	1,28	14.17	52.00	0.22	0.39	0.81	3,73	41,44
T3	2,24	24,89	1,12	12.44	45.65	0.13	0.23	0.48	2,70	30,03
T4	3,28	44,79	1,64	22.4	82.21	0.22	0.41	0.81	4,56	62,68
T5	5,48	68,47	2,74	34.23	125.62	0.24	0.42	0.88	10,12	126,53
T6	2,59	28,79	1,30	14.4	52.85	0.22	0.4	0.81	3,25	36,10

Tabela 5: Valores de biomassa,carbono, dióxido de carbono e volume

3.4 Padrão Espacial da Distribuição da Biomassa Aérea

Para ambas as secções do T1 o cálculo do padrão espacial das peças pelo Índice de Morisita resultou nos valores 2,49 para biomassa e de 2,40 para volume indicando não haver dependência espacial, pois nos cálculos considerou-se a alta concentração de unidades amostrais com valores de biomassa entre 2 e 7 ton.ha⁻¹ e volume entre 2 e 7 m^{3.ha⁻¹. Já para o valor de F (Ftab = 1,75 e Fcal = 2,06) foi determinado um padrão regular, ou seja, se encontra dispersa em toda a área.}

No T2 o cálculo do padrão espacial resultou nos valores 0,94 para biomassa e de 1,04 para volume, indicando não haver dependência espacial, pois nos cálculos considerou-se a alta concentração de unidades amostrais com valores de biomassa entre 15 a 30 ton.ha⁻¹ e volume entre 15 a 30 m^{3.ha⁻¹. Já para o valor de F (Fcal = 5,72 e Ftab = 2,02) foi determinado um padrão irregular, ou seja, a biomassa se encontra irregularmente distribuída na área com maiores concentrações na área central.}

Já para o T3 o cálculo resultou nos valores 13,85 para biomassa e de 12,86 para volume indicando não haver dependência espacial, pois nos cálculos considerou-se a alta concentração de unidades amostrais com valores de biomassa entre 1 e 2 ton, volume entre 1 e 2 m³. Já para o valor de F (Fcal = 5,72 e Ftab = 2,02) foi determinado um padrão irregular, ou seja, a biomassa se encontra irregularmente distribuída na área com maiores concentrações na área central.

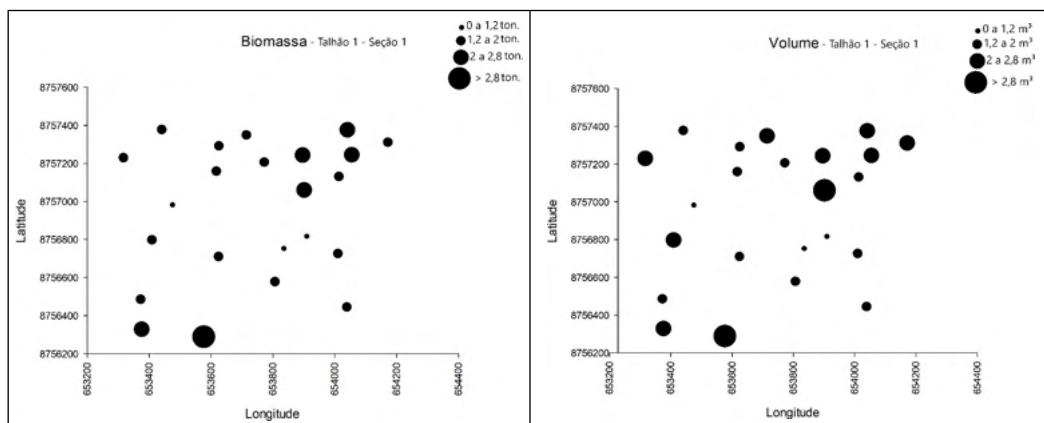
No T4 o cálculo resultou nos valores 0,76 para biomassa e de 0,78 para volume indicando não haver dependência espacial, pois nos cálculos considerou-se a alta concentração de unidades amostrais com valores de biomassa entre 0 a 3 ton e volume

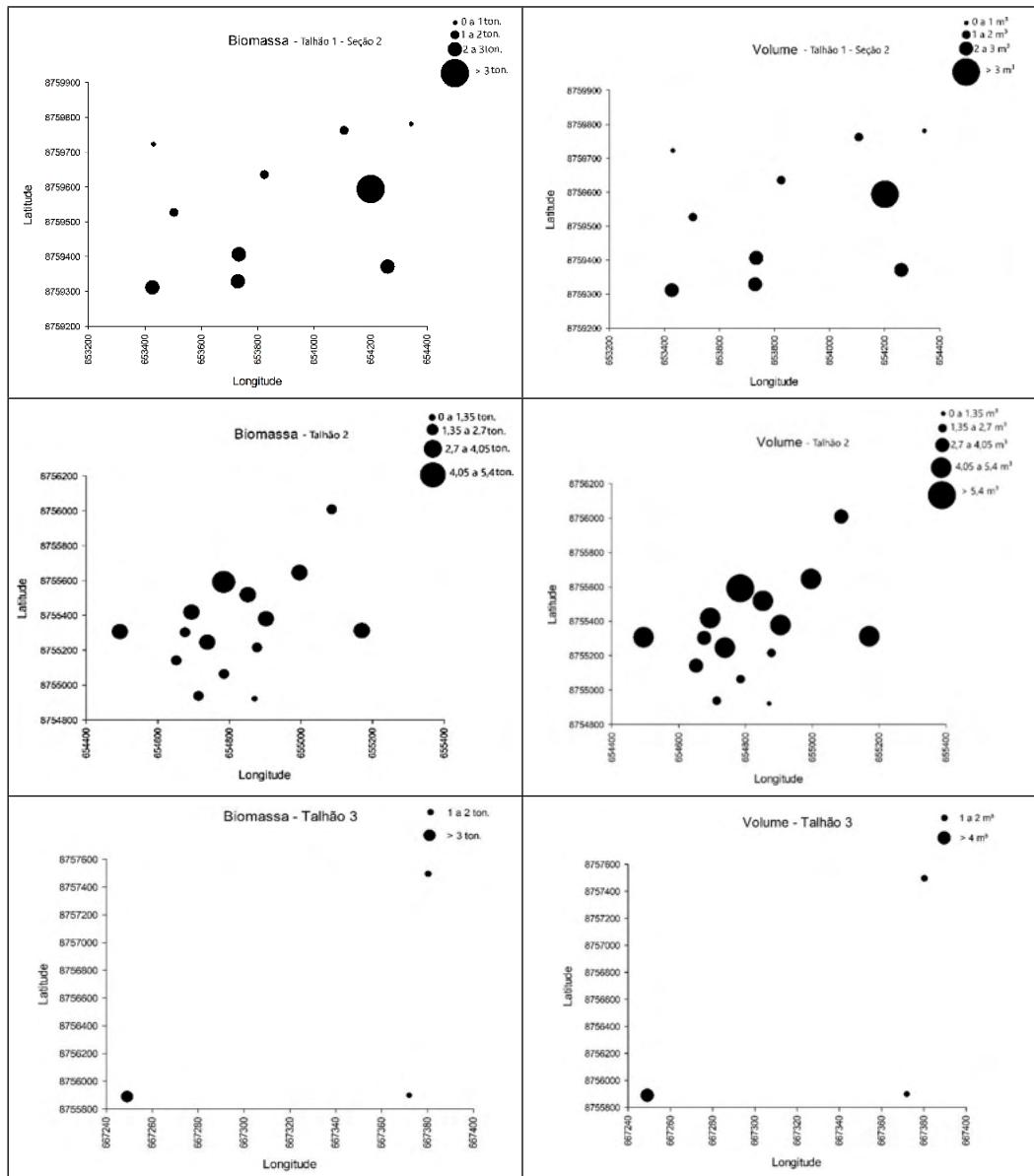
entre 0 a 3 m³. Já para o valor de F (Fcal = 5,72 e Ftab = 2,02) foi determinado um padrão irregular, ou seja, a biomassa se encontra irregularmente distribuída na área com maiores concentrações nos extremos.

Para o T5 o cálculo do padrão resultou nos valores 0,76 para biomassa e de 0,78 para volume indicando não haver dependência espacial, pois nos cálculos considerou-se a alta concentração de unidades amostrais com valores de biomassa entre 4 a 6 ton.ha⁻¹ e volume entre 9 a 10 m³.ha⁻¹. Já para o valor de F (Fcal = 5,72 e Ftab = 2,02) foi determinado um padrão irregular, ou seja, a biomassa se encontra irregularmente distribuída na área com maiores concentrações nas áreas adjacentes.

No T6 resultou nos valores 0,77 para biomassa e de 0,85 para volume indicando não haver dependência espacial, pois nos cálculos considerou-se a alta concentração de unidades amostrais com valores de biomassa entre 1,5 a 4,5 ton.ha⁻¹ e volume entre 0 a 3 m³.ha⁻¹. Já para o valor de F (Fcal = 4,75 e Ftab = 1,48) foi determinado um padrão irregular, ou seja, a biomassa se encontra irregularmente distribuída na área com maiores concentrações nas áreas adjacentes. Adicionado a essa análise, considerou-se também a análise visual da distribuição de biomassa e volume.

A partir da análise espacial da biomassa e volume, que compõe a Figura, em que se observam os padrões pontuais em todas as unidades amostrais de estudo. É possível visualizar que a distribuição de biomassa e volume se encontra dispersa por toda a extensão da área de estudo estando arranjada em um padrão de forma agregada, indicando as maiores nos extremos das áreas.





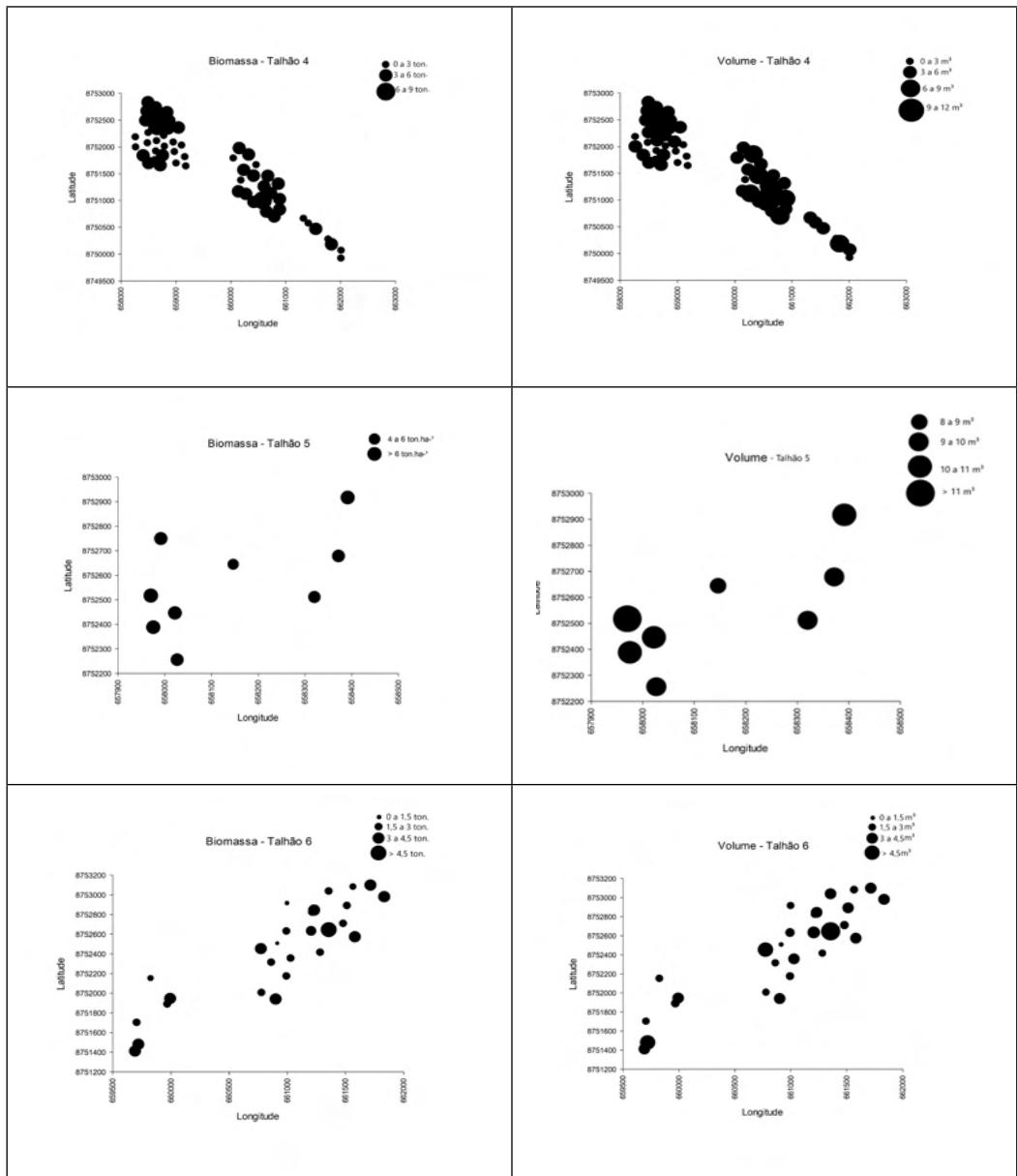


Figura 4: Padrão da distribuição espacial dos Talhões

4 | CONCLUSÕES

Os valores médios de biomassa, carbono , CO_2 e volume da parte áerea (árvore+serrapilheira) são maiores no T 5 com idade de 11 anos e espaçamento de 4 x 2 m (8m²) seguidos dos talhões T4,T6 e T2 todos com espaçamento de 3 x3 m (9 m²) e idade de 7 anos comprovando a hipótese testada neste trabalho. Os processos de produção,

acúmulo e decomposição da serapilheira contribuíram para a transferência de carbono e retorno de nutrientes no solo das áreas deste estudo.

REFERÊNCIAS

CARNEIRO, A. C. O. et al. Potencial energético da madeira de *Eucalyptus* sp. em função da idade e de diferentes materiais genéticos. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, v. 38, n. 2, p. 375-381, 2014.

CIDRÃO, D.F. Economia florestal: potencialidades do Guanandi. 2012. 184 f. Dissertação (Mestrado) – UNIARA, Araraquara, 2012.

COSTA, Emanuel Arnoni; FINGER, César Augusto Guimarães; HESS, André Felipe. Modelo de incremento em área basal para árvores de araucária de uma floresta inequívoca. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 35, n. 83, p. 239-245, 2015. doi: 10.4336/2015.pfb.35.83.792.

DUFFECKY, Maicon Diego; FOSSATI, Luiz Cláudio. Avaliação da adaptação de *Calophyllum brasiliensis* cambess. (Guanandi), família Clusiaceae, no planalto norte catarinense. *Ágora: revista de divulgação científica*, v. 16, n. 2, p. 14-27, 2009.

GUIMARÃES NETO, Rosalvo Maciel. Potencialidade de uso bioenergético da madeira e da casca de *Eucalyptus* spp. plantados em espaçamento adensado e sistema de curta rotação / Rosalvo Maciel Guimarães Neto. – 2016. 110 p. : il.

LIMA, W. de P.; ZAKIA, Maria José Brito. Hidrologia de matas ciliares. *Matas ciliares: conservação e recuperação*, v. 2, p. 33-44, 2000.

MOURA, O. N.; et. al. Distribuição de biomassa e nutrientes na parte aérea de *Mimosa caesalpiniæfolia* Benth. *Revista Árvore*, Viçosa-MG, v. 30, n. 6, p. 877-884, 2006

PAGANO, S. N.; DURIGAN, G. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do oeste do Estado de São Paulo, Brasil. *Matas ciliares: conservação e recuperação*, v. 2, p. 109-131, 2000.

PROTÁSIO, T. P. et al. Relação entre o poder calorífico superior e os componentes elementares e minerais da biomassa vegetal. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v. 31, n. 66, p. 113-122, abr./jun. 2011.

RAAD, T. J. Drying process simulation and *Eucalyptus* ssp carbonization. 2004. 114 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.

SANTOS, R. C. dos et al. Correlações entre parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto. *Scientia Florestalis*, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 221-230, 2011.

SANTOS, M. D. et al. Avaliação da produção de biomassa do fuste de um clone híbrido de eucalipto sob diferentes espaçamentos. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 31-45, 2017.

SILVA, G. C.; SAMPAIO, E. V. S. B. Biomassas de partes aéreas em plantas da caatinga. *Árvore*, Viçosa, MG, v. 32, n. 3, p. 567-575, 2008

SILVEIRA, P. et al. O Estado da Arte na Estimativa de Biomassa e Carbono em Formações Florestais. Revista Floresta. v. 38, n. 1, p. 185-206, 2008.

TRUGILHO, F. P. et al. Análise elementar da madeira de clones de eucalyptus. Renabio, Biomassa & Energia, Viçosa, MG, v. 5, n. 1, p. 53-58, 2012.

ZHANG, K.; ZHENG, H.; CHEN, F.; LI, F.; YANG, M.; OUYANG, Z.; LAN, J.; XIANG, X. Impact of nitrogen fertilization on soil – Atmosphere greenhouse gas exchanges in eucalypt plantations with different soil characteristics in southern China. Plos One, p. 1-14, 2017.

CAPÍTULO 5

DATUM CÓRREGO ALEGRE: O ESTADO DA ARTE DE SUA EXISTÊNCIA OU NÃO

Data de aceite: 03/10/2022

Antônio Carlos Freire Sampaio

Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Instituto de Geografia
Campus Santa Mônica, Bloco H
Uberlândia-MG

Adriany de Ávila Melo Sampaio

Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Instituto de Geografia
Campus Santa Mônica, Bloco H
Uberlândia-MG

RESUMO: A evolução dos Sistemas Geodésicos de Referência (SGR), no Brasil, propiciou, ao longo do tempo, uma melhoria na qualidade e produção dos dados sistemáticos. Estes sistemas englobam: o Sistema Córrego Alegre, o SAD 69 e, a partir de 2014 (embora já esteja sendo utilizado), o SIRGAS (IBGE, 2010). Com estes Sistemas, se pode localizar, espacialmente, qualquer objeto ou feição sobre a superfície terrestre. Cada sistema é definido a partir da adoção de um elipsóide de referência, orientado, posicionado e ajustado às dimensões do planeta. Ao se adotar um SGR, entre os procedimentos necessários ao desenvolvimento dos trabalhos, está a implantação de uma origem, estabelecida como um marco inicial para encaminhamentos de quaisquer trabalhos de georreferenciamento, chamado de *Datum*. Historicamente o Brasil adotou, como referencial geodésico para seu território, os seguintes *Data Horizontais*: Córrego Alegre; Astro Datum Chuá; SAD 69; SIRGAS

2000. Para se estabelecer um SGR, na época do primeiro *Datum* no Brasil (o Córrego Alegre), vários ajustes foram necessários, para se definir este sistema. Antes do advento tecnológico da computação, estes ajustes eram feitos com calculadoras mecânicas e com o uso das tábuas de logaritmo. Com essa tecnologia, estabeleceu-se o *Datum* Córrego Alegre de 1949. A escolha do vértice Córrego Alegre para ponto *datum*, bem como, do elipsóide internacional de Hayford para superfície matemática de referência, foram baseadas em determinações astronômicas realizadas na implantação da cadeia de triangulação em Santa Catarina. Suas especificações foram definidas pelo antigo Conselho Nacional de Geografia. O ponto original está localizado próximo à cidade de Frutal, MG, a cavaleiro da BR-153, que liga Frutal a Prata, MG e, segundo o Relatório de Estação Geodésica do IBGE, de 1969 - Descrição de Vértice de Triangulação - cujo reconhecimento foi realizado em 1965, pela 2a Divisão de Levantamento do Exército Brasileiro, consta que o referido vértice estava destruído. Mas em trabalhos de campo recentes, esses autores realizaram investigações que podem sugerir que o referido vértice ainda existe. O presente trabalho deseja: reapresentar o que se verificou numa primeira versão de pesquisa, e com resultados já apresentados em Congresso de 2013; apresentar o que se verificou em 2014, no local, com o uso de equipamentos do sistema GPS de melhor precisão; confirmar o que o IBGE tenha verificado, em reconhecimento realizado no lugar, motivado pelas informações levantadas por este trabalho de pesquisa. O *Datum* Córrego Alegre de 1949 ainda faz

parte, em grande número, das cartas topográficas do mapeamento sistemático do território brasileiro, usadas e estudadas em disciplinas, como as de Cartografia, para os cursos de Geografia, de Engenharia Cartográfica, de Engenharia de Agrimensura, e outros. À essas considerações, devem-se acrescentar que, além desse monumento já dever fazer parte da Cartografia Histórica de nosso país, o mesmo, se confirmar sua existência, continua em condições de preservação e de manutenção muito ruins. Com o objetivo de comunicar à comunidade cartográfica, esta pesquisa buscará a confirmação ou não da existência do referido marco, e alertar para a necessidade de preservação de um patrimônio histórico nacional.

PALAVRAS-CHAVE: Preservação, Patrimônio Nacional, Cartografia Histórica.

CÓRREGO ALEGRE DATUM: THE STATE OF ART OF THEIR EXISTENCE OR NOT

ABSTRACT: The evolution of the Geodetic Reference Systems (GRS), in Brazil, led, over time, an improvement in quality and production of systematic data. These systems include: System Stream Alegre, SAD 69 and, from 2014 (although it is already being used), the SIRGAS (IBGE, 2010). With these systems, is possible locate, spatially, any object or feature on the earth's surface. Each system is defined by adoption of a reference ellipsoid, oriented, positioned and adjusted to planet's dimension. By adopting an GRS, between the necessary procedures for the development of works, is the implementation of a source, established as a starting point for development of any georeferencing work, called Datum. Historically the Brazil has adopted, as a geodetic reference for its territory, the following Horizontal Date: Córrego Alegre; Astro Datum Chuá; SAD 69; SIRGAS 2000. To establish a GRS, at the time of first Datum in Brazil (The Córrego Alegre), several adjustments were needed to define this system. Before the technological advent of computation, these adjustments were made with mechanical calculators and the use of boards of logarithms. With this technology, the "Córrego Alegre Datum of 1949" was established. The choice of the vertex of Córrego Alegre for Datum point, as well, the international ellipsoid of Hayford for mathematical reference surface, was based on astronomical determinations made in the implementation of the triangulation chain in Santa Catarina. Its specifications were defined by the former National Council of Geography. The original point is located near the city of Frutal, MG, next to BR-153, which connects Frutal to Prata, MG and, according to the Report of Geodetic Station of IBGE, 1969 - Description of Triangulation's Vertex - whose recognition was conducted in 1965, by the 2nd Survey Division of the Brazilian Army, consists said the vertex was destroyed. But, in recent field work, these authors conducted investigations that may suggest that that vertex still exists. The present work wants: restate what was found in the first version of research, and with results presented in a Congress in 2013; present what was found in 2014 ,on the spot, using GPS system equipment with better precision; confirm what the IBGE has been found, in recognition held in place, motivated by information gathered by this research. The Córrego Alegre Datum of 1949 is still part ,of a large number, of systematic topographic mapping of the Brazilian territory, used and studied in disciplines, such as Cartography, for courses in Geography, in Cartographic Engineering, Surveying Engineering, and others. To these considerations, must be added that, besides this monument should already be part of the Historical Cartography of our country, the same, confirming their existence, remains in very poor preservation and

maintenance conditions. In order to communicate the cartographic community, this research will seek confirmation, or not, of the existence of the mark, and alert to the need to preserve a National Historical Patrimony.

KEYWORDS: Preservation, National Patrimony, Historical Cartography.

1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do Sistema Geodésico Brasileiro - SGB (IBGE, 2013b), é composto por redes de altimetria, planimetria e gravimetria, podendo ser dividido em duas fases distintas: uma anterior e outra posterior ao advento da tecnologia de observação de satélites artificiais com fins de posicionamento.

Nos início dos anos de 1970 eram observados os satélites do Sistema TRANSIT.

No final dos anos da década de 1980, o IBGE, por meio do seu Departamento de Geodésia, criou o projeto GPS com o intuito de serem estabelecidas as metodologias que possibilitassem o uso pleno da tecnologia do Sistema NAVSTAR/GPS, que, na época, despontava como evolução dos métodos de posicionamento geodésico até então usados. Vale ressaltar que um destes autores utilizou um dos primeiros equipamentos do Sistema GPS, em trabalho de pesquisa (SAMPAIO et al., 1988), cuja tecnologia já se mostrava bastante superior nos quesitos rapidez e economia de recursos humanos e financeiros.

A evolução dos SGR, no Brasil, propiciou, então, uma melhoria na qualidade e produção dos dados sistemáticos. Com estes Sistemas, se pode localizar, espacialmente, qualquer objeto ou feição sobre a superfície terrestre. Cada sistema é definido a partir da adoção de um elipsóide de referência, orientado, posicionado e ajustado às dimensões do planeta.

Ao se adotar um SGR, entre os procedimentos necessários ao desenvolvimento dos trabalhos, está a implantação de uma origem, estabelecida como um marco inicial para encaminhamentos de qualquer trabalho de georreferenciamento, chamado de *Datum*.

Historicamente o Brasil adotou, como referencial geodésico para seu território, os seguintes *Data*: Córrego Alegre - 1º Sistema adotado; Astro Datum Chuá; SAD 69; e SIRGAS 2000, já trabalhado e que será totalmente operacionalizado e efetivado em 2014 (IBGE, 2010).

O objetivo deste artigo, realizando um estudo e uma análise do que se observou nos trabalhos de campo realizados, é fornecer uma contribuição para a confirmação ou não, da existência desse vértice, bem como de alertar sobre a necessidade de manutenção e preservação desse monumento que faz parte, sem dúvida, do acervo histórico da Cartografia Brasileira.

2 | O SISTEMA CÓRREGO ALEGRE

Para se estabelecer um SGR, no Brasil e na época, vários ajustes eram necessários

e para se definir um sistema geodésico. Antes do advento tecnológico da computação, estes ajustes eram feitos com calculadoras mecânicas e com o uso das tábuas de logaritmo. Com essa tecnologia, estabeleceu-se o *Datum Córrego Alegre* de 1949.

A escolha do vértice Córrego para ponto *datum*, apoiado no elipsóide internacional de Hayford para superfície matemática de referência, foi baseada em determinações astronômicas realizadas na implantação da cadeia de triangulação em Santa Catarina

Suas especificações (como informação para este trabalho) foram definidas (IBGE, 2013a):

- Superfície de referência: Elipsóide Internacional de Hayford 1924.

- semi-eixo maior : 6378388 metros.

- achatamento : 1/297

- Ponto Datum : Vértice Córrego Alegre.

- Coordenadas: latitude = $\varphi = 19^{\circ} 50' 15,14''$ S e longitude = $\lambda = 48^{\circ} 57' 42,75''$ W,

Estas coordenadas foram revisadas posteriormente para:

- latitude = $\varphi = 19^{\circ} 50' 14,91''$ S e longitude = $\lambda = 48^{\circ} 57' 41,98''$ W,

Estas informações estão contidas em Mugnier (2013) e serão alvo de considerações neste trabalho.

O ponto *datum* está localizado próximo à cidade de Frutal, MG, a cavaleiro da BR-153, que liga Frutal a Prata, MG e, segundo o Relatório de Estação Geodésica (IBGE, 1997) mostra uma ilustração do ponto, conforme visualizado na Figura 1.



Fig. 1 - Foto da localização do vértice Córrego Alegre.

Fonte: IBGE (2011).

O lugar presumível do *Datum Córrego Alegre* visitado, observado e estudado, se localiza no Triângulo Mineiro, em Minas Gerais, conforme se verifica na Figura 2.

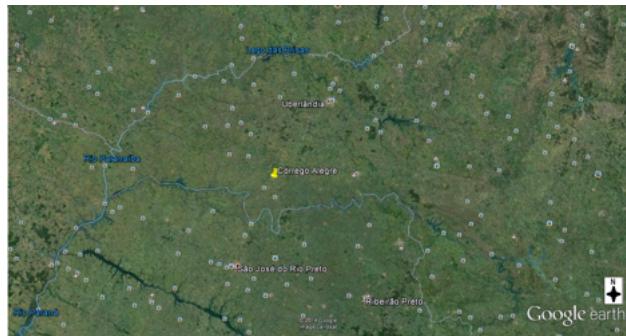


Fig. 2 - Localização do Datum Córrego Alegre, no Triângulo Mineiro.

Fonte: G.E. (2013).

3 | CONSIDERAÇÕES SOBRE AS COORDENADAS DO VÉRTICE

Uma consideração importante, a ser mais investigada (o que não é o caso deste trabalho, que é de localizar o vértice - se existe ou não), é quanto às coordenadas registradas nas bibliografias investigadas.

Como foi já foi descrito como coordenadas do vértice Córrego Alegre:

latitude = $\varphi = 19^{\circ} 50' 15,14''$ S e

longitude = $\lambda = 48^{\circ} 57' 42,75''$ W,

Estas coordenadas foram revisadas posteriormente para:

latitude = $\varphi = 19^{\circ} 50' 14,91''$ S e

longitude = $\lambda = 48^{\circ} 57' 41,98''$ W,

Essas coordenadas revisadas ($\varphi = 19^{\circ} 50' 14,91''$ S e $\lambda = 48^{\circ} 57' 41,98''$ W) constam do artigo citado na referência e de outros artigos, como Volpi (2007);

Mas, as coordenadas antes de serem revisadas ($\varphi = 19^{\circ} 50' 15,14''$ S e $\lambda = 48^{\circ} 57' 42,75''$ W) também constam em outras referências estudadas, mas acredita-se que só uma referência é suficiente para fazer a seguinte consideração: O Relatório de Estação Geodésica (IBGE, 1997) mostra a situação do vértice Córrego Alegre, conforme visualizado na Figura 3. Nele consta que está destruído e tem as suas coordenadas (latitude e longitude) em SAD-69 e em SIRGAS. Em qualquer destes dois sistemas, se for transformado para se obter as coordenadas em CÓRREGO ALEGRE, usando o programa ProGrid, do IBGE, serão encontradas as coordenadas citadas neste item.

Qual das duas coordenadas é a vigente?

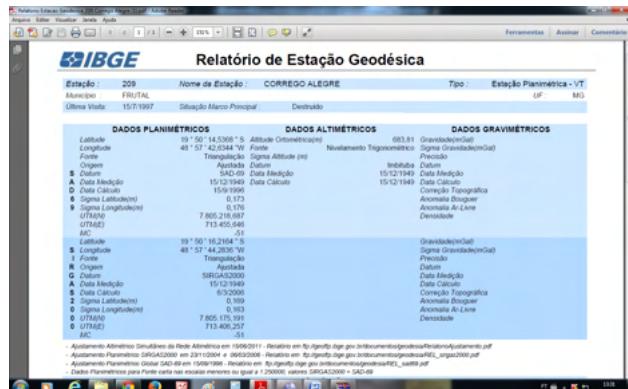


Fig. 3 - Relatório do vértice Córrego Alegre.

Fonte: IBGE (1997).

4 | VISITA E RECONHECIMENTO AO DATUM

Com o intuito de realizar um trabalho de campo na disciplina de Cartografia I com alunos do curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) localizada em Uberaba, MG, foi proposto identificar o Datum em dias diferentes.

Primeiramente, uma consulta ao Google Earth para verificar a localização próxima dos mesmos, conforme visualizados nas Figuras 1 e 2.

Na visita aos locais foram identificadas situações e realizados trabalhos, conforme descritas a seguir.

4.1 Primeira Visita ao Vértice Córrego Alegre

A equipe, já tendo informações contidas na Descrição de Vértice de Triangulação (IBGE, 1969), de que o vértice havia sido *destruído*, conforme trechos da Descrição, apresentados nas Figuras 4 e 5.

No detalhamento da Descrição está relatado que o marco, conforme informações colhidas no local, foi destruído por trator, empregado para retificações de curva na antiga rodovia, próxima ao mesmo.

Mas, a equipe de professores e alunos, utilizando 9 (nove) aparelhos de GPS de navegação e registrados no Datum Córrego Alegre, chegou ao local e identificou um marco à beira da estrada, construído com tijolos e cimento e com uma placa de bronze, conforme ilustrado nas figuras 6 e 7.

Fig. 4 - Página 1 de Descrição do Vértice Córrego Alegre.

Fonte: IBGE (1969).

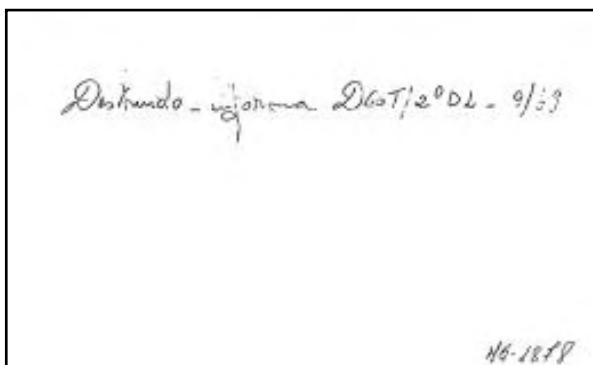


Fig. 5 - Página 2 de Descrição do Vértice Córrego Alegre.

Fonte: IBGE (1969).

Sobre as Figuras 6 e 7, pode-se verificar um marco de tijolo construído à beira de uma estrada de terra e que, na sua chapa de bronze, não consta número ou data, mas que é um vértice de triangulação confeccionado pelo antigo Conselho Nacional de Geografia.

Os dados observados nos aparelhos GPS foram resumidos na média das observações.



Fig. 6 - Fotografia do marco encontrado.

Fonte: Acervo dos autores (2012).



Fig. 7 - Fotografia do marco encontrado.

Fonte: Acervo dos autores (2012).

Comparando com as coordenadas conhecidas, do Vértice Córrego Alegre com a média com as coordenadas observadas, para se verificar alguma proximidade.

Embora os aparelhos GPS usados não sejam de alta precisão, todos mostravam, no momento da obtenção das coordenadas, informações de erro de 6 metros, 5 metros, ou ainda de 4 metros.

Isso poderia sugerir que os satélites estavam, naquele instante, com uma boa geometria da constelação para o local (mas isto pode ser tema de novas pesquisas, o que não cabia para o momento).

Usando a metodologia citada em Madeira (2013) ou Anatel (2013), verificou-se:

- a diferença de latitude e longitude, entre o real e a média do observado, com os aparelhos, foi:

$$\text{dif } \varphi = \Delta\varphi = 0,02''$$

$$\text{dif } \lambda = \Delta\lambda = 0,15''$$

- a distância entre os dados verdadeiros do vértice Córrego Alegre e a média dos dados observados com os aparelhos GPS, obtendo-se:

$$d = 4,67 \text{ metros},$$

Pode-se considerar, para este estudo, que as medidas observadas estão próximas das verdadeiras coordenadas.

A distância calculada (4,67 metros) está muito abaixo da distância de marcos-testemunha (em torno de 30 metros) instalados junto a um *datum*.

Continuando a análise nas folhas da Descrição de Vértice de Triangulação (IBGE, 1969) e conforme descrito no Relatório de Estação Geodésica (IBGE, 1997): “Existe um pilar próximo ao marco, que foi utilizado para observações astronômicas e possui uma chapa estampada: 1732”.

O pilar encontrado está, pelos cálculos, próximo às coordenadas verdadeiras (4,67 metros) mas não tem número indicativo (chapa 1732), e não é dito, no supracitado Relatório, quanto é este “próximo”.

Então: *O que existe no lugar observado? Será o verdadeiro vértice Córrego Alegre? Será o pilar (astronômico) supracitado? Será outro ponto?*

4.2 2^a Visita ao Vértice Córrego Alegre

Nesta segunda visita, já em abril de 2014, os autores se dirigiram ao ponto encontrado e munidos com um rastreador GPS geodésico, de uma frequência, realizaram medida no ponto para posterior processamento.

Nesta visita, também foram levados aparelhos de navegação, cujos resultados serão apresentados no item seguinte.

De volta à Universidade (agora, os autores são lotados na UFU), os dados foram processados e ajustados, onde foram obtidos os seguintes resultados:

- Coordenadas obtidas no rastreamento - no sistema SIRGAS:

$$\text{latitude} = \varphi = 19^\circ 50' 16,13230'' \text{ S e}$$

$$\text{longitude} = \lambda = 48^\circ 57' 44,10662 \text{ W},$$

Estas coordenadas foram comparadas com as coordenadas constantes do Relatório de Estação Geodésica (IBGE, 1997), que no sistema SIRGAS, são:

$$\text{latitude} = \varphi = 19^\circ 50' 16,2164'' \text{ S e}$$

$$\text{longitude} = \lambda = 48^\circ 57' 44,2836 \text{ W},$$

Verificou-se que a diferença de latitude e longitude, entre o real e a média do observado, com os aparelhos, foi:

$$\text{dif } \varphi = \Delta\varphi = 0,0841''$$

$$\text{dif } \lambda = \Delta\lambda = 0,17698''$$

Usando a metodologia citada em Madeira (2013) ou Anatel (2013), a distância entre

os dados citados em IBGE (1997) e os dados observados com os aparelhos GPS, obtendo-se:

$$d = 5,70 \text{ metros,}$$

4.3 3^a Visita ao Vértice Córrego Alegre

Nesta terceira visita, em maio de 2014, os autores se dirigiram ao ponto encontrado e munidos com um rastreador GPS geodésico, de duas freqüências, realizou medida no ponto para posterior processamento. (Vale ressaltar que o aparelho e as operações de rastreamento e processamento foram cedidos e realizadas, sem custo, por Márcio F. Vasconcelos, diretor da Topografia Uberlândia - medições por GPS e Estação Total).

Nesta visita, também foram levados aparelhos de navegação, cujos resultados serão apresentados a seguir, junto com os dados, dos mesmos aparelhos, da visita anterior.

4.3.1 Resultados do Aparelho Geodésico

De volta à UFU, os dados foram processados e ajustados, onde foram obtidos os seguintes resultados:

- Coordenadas obtidas no rastreamento - no sistema SIRGAS, usando o software de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) (IBGE, 2014):

$$\text{latitude} = \varphi = 19^\circ 50' 16,0858'' \text{ S e}$$

$$\text{longitude} = \lambda = 48^\circ 57' 44,1561 \text{ W,}$$

Estas coordenadas foram comparadas com as coordenadas constantes do Relatório de Estação Geodésica (IBGE, 1997), que no sistema SIRGAS, são:

$$\text{latitude} = \varphi = 19^\circ 50' 16,2164'' \text{ S e}$$

$$\text{longitude} = \lambda = 48^\circ 57' 44,2836 \text{ W,}$$

Verificou-se que:

- a diferença de latitude e longitude, entre o real e a média do observado, com os aparelhos, foi:

$$\text{dif } \varphi = \Delta\varphi = 0,1306''$$

$$\text{dif } \lambda = \Delta\lambda = 0,1275''$$

- usando a metodologia citada em Madeira (2013) ou Anatel (2013), a distância entre os dados citados em IBGE (1997) e os dados observados com os aparelhos GPS, obtendo-se:

$$d = 5,38 \text{ metros,}$$

4.3.2 Resultados dos Aparelhos de Navegação

Comparando com as coordenadas conhecidas, do Vértice Córrego Alegre com a média das coordenadas observadas, nas duas últimas visitas, obteve-se, para distância entre os dados verdadeiros e a média dos dados observados:

$$d = 5,67 \text{ metros,}$$

5 | CONSIDERAÇÕES SOBRE OS ESTUDOS REALIZADOS

Podem-se apresentar várias reflexões sobre os trabalhos realizados ou sobre os dados existentes nas Bibliografias, tanto as existentes neste artigo como as lidas e não utilizadas aqui (complementares).

Sobre as coordenadas do vértice (latitude e longitude):

Por que existem duas coordenadas verdadeiras registradas nas bibliografias?

Quais os critérios da época, de serem estabelecidos parâmetros que justifiquem mudanças de coordenadas, dentro de um mesmo sistema (Córrego Alegre)?

Sobre o vértice existente:

O vértice medido tem valores de distância para o verdadeiro muito baixo (cerca de 5 metros), considerando todos os trabalhos realizados (com aparelhos de navegação, com aparelho geodésico de uma frequência e com aparelho geodésico de duas frequências);

É possível existir um vértice de observações astronômicas tão próximo do que seria o vértice original? Isso só se justificaria se o verdadeiro estivesse destruído e se tentasse construir outro sem a preocupação de reconstruir o vértice original com o uso dos marcos testemunhos.

Mostra-se, a seguir, as Figuras 8 e 9, que ilustram as situações dos vértices e os valores medidos

A Figura 8 mostra uma representação de três pontos:

- O ponto 1, em vermelho, representa o vértice encontrado e medido - está numa rampa ascendente, à cerca de um metro da estrada;

- O ponto 2, em laranja, representa o ponto original com as coordenadas coerentes com as transcritas na estação 209 - Relatório de Estação Geodésica (IBGE, 1997) -

latitude = $\varphi = 19^{\circ} 50' 15,14''$ S e

longitude = $\lambda = 48^{\circ} 57' 42,75''$ W;

- O ponto 3, em azul, representa o ponto original com as coordenadas revisadas posteriormente (MUGNIER, 2013) - latitude = $\varphi = 19^{\circ} 50' 14,91''$ S e longitude = $\lambda = 48^{\circ} 57' 41,98''$ W.



Fig. 8 - Desenho esquemático de 3 pontos.

Fonte: G.E., 2013. Adaptado pelos autores.

A Figura 9 mostra a distâncias entre esses três pontos.

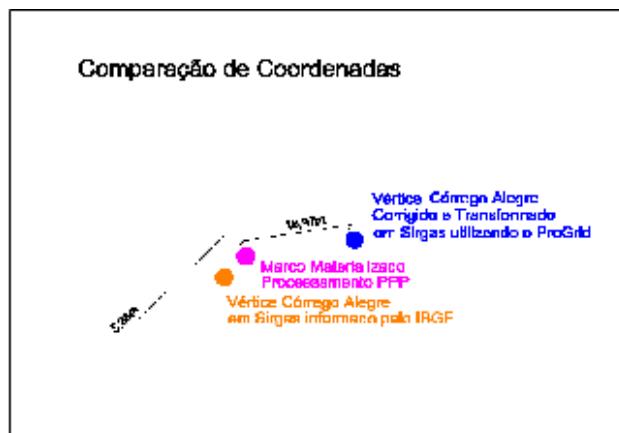


Fig. 9 - Desenho esquemático da distância entre os 3 pontos. Organizado pelos autores, 2014.

Sobre os três vértices (o existente e os dois possíveis verdadeiros):

- se o vértice em azul (revisado ou corrigido) fosse o verdadeiro, não teria lógica ele ter sido destruído por um trator, para retificar curva na antiga rodovia (IBGE, 1969). O local é de cerrado e não existem marcas de antiga rodovia, em cima do ponto, mas uma marca antiga de estrada, afastada cerca de dez metros de ponto em azul. Além disso, este ponto dista 18,97 metros do ponto medido.

- se o vértice em laranja fosse o original, seria possível sua destruição por trator, pois está junto à lateral da estrada. Ele também está mais próximo do ponto ocupado (5,38 metros). Mas como explicar que as coordenadas deste ponto tenham sido corrigida para o

ponto em azul?

A título de melhor entendimento, acrescenta-se, a seguir, a Figura 10, extraída da carta do Mapeamento Sistemático Brasileiro - SE 22-Z-D-V - Campo Florido, de 1970, cujo *Datum* é o vértice Córrego Alegre (que não aparece na carta), mas que consta o ponto EG-1732, citado neste trabalho, cujas coordenadas (geográficas ou cartesianas) estão muito próximas do ponto ocupado e medido.

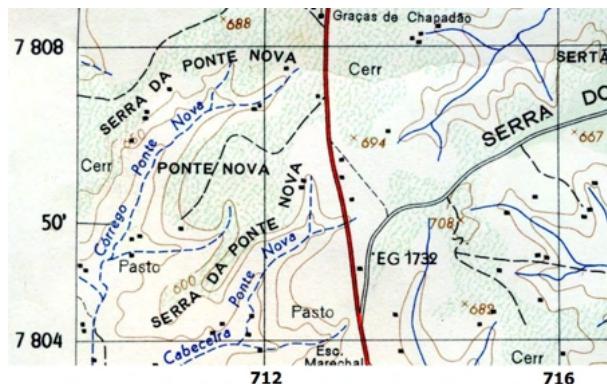


Fig. 10 - Recorte extraído da carta do Mapeamento Sistemático Brasileiro - SE 22-Z-D-V - Campo Florido, de 1970.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como conclusão do estudo, cabe observar que o vértice *Córrego Alegre* (pelo menos, seu local) está abandonado.

O vértice Córrego Alegre pode ser uma dúvida, quanto a sua existência.

Embora a Figura 1 mostre imagem de lugar aparentemente bem estruturado, essa não é a realidade. Na atualidade, o local está completamente abandonado.

Para a área de Ensino das disciplinas de Cartografia dos diversos cursos de Geografia, de Engenharia Cartográfica, e de Engenharia de Agrimensura, bem como para a Cartografia Histórica é uma situação lamentável.

No ensino, porque a maioria das cartas, utilizadas pelos professores de Cartografia ainda retratam o *datum* como sendo o *Córrego Alegre* e, acredita-se, que esta situação perdurará por mais tempo, pois, mesmo que se considere que o vértice *Córrego Alegre* foi substituído pelo SAD-69 e que este será substituído, até 2014, pelo SIRGAS-2000, muitas das cartas ainda existentes, e em uso, se referem ao *Córrego Alegre* ou SAD-69 (CHUÁ) como origem ou *datum* e que continuarão sendo, ainda, usadas.

Para a Cartografia Histórica, este ponto deve ser tratado como referência histórica do mapeamento brasileiro.

Se não for o verdadeiro vértice *Córrego Alegre*, é possível que seja o pilar astronômico

de Córrego Alegre (Laplace) que, pode ser o marco onde existia a chapa estampada com o número 1732 (que não existe no ponto existente)

Como sugestões, este artigo propõe que: os cursos de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura (em Monte Carmelo, MG) e os de Geografia, localizados próximos desse ponto (como Uberaba, Uberlândia, Frutal, Ituiutaba, Franca, Ribeirão Preto, e outros), deveriam organizar visitas periódicas de observação e exercícios, o que caracterizaria uma “operação presença”. Segundo, que a Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG), realize um trabalho de campo, para a precisa identificação do marco encontrado. Seja próximo, ou no local, do Vértice Córrego Alegre, pois mesmo não sendo o Vértice original, é um marco antigo (confeccionado pelo antigo Conselho Nacional de Geografia) que deve ter sua identificação, a mais precisa possível e, como vértice histórico (seja qual for - mesmo que seja o EG-1732), merece manutenção e preservação.

Poderia também ser delegado às Instituições de Ensino Superior das proximidades encargos de responsabilidades de cuidados, desde que fossem estabelecidos convênios, com recursos adequados, para manutenção, exercícios e visitação deste ponto histórico da Cartografia Brasileira.

Sem os devidos cuidados, se sabe que quem trabalha com instalação de marcos de concreto para os trabalhos de cartografia, relatam histórias diversas sobre destruição desses marcos, que vão desde tirar a chapa de bronze para “guardar” de recordação ou “achar” que tem algum tipo de tesouro embaixo dela.

Providências nesse sentido de preservação precisam ser tomadas o quanto antes, para que o Vértice Córrego Alegre (ou o que está próximo à ele) seja “re-descoberto” e preservado, pois mesmo não sendo o verdadeiro, existe uma marco antigo, muito próximo do verdadeiro, que pode ter uma referência histórica do nome *Córrego Alegre*, que muito “já fez” pela Cartografia Brasileira.

REFERÊNCIAS

ANATEL. Agência Nacional de Telecomunicações. **Distância Entre Coordenadas Geográficas**. In: http://sistemas.anatel.gov.br/apoio_sitarweb/Tabelas/Municipio/DistanciaDoisPontos/Tela.asp. Acesso em 30 janeiro 2013.

G.E., **Google Earth**. In: <http://www.earth.google.com/intl/pt/>. Acesso em 03 de agosto de 2013.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Relatório do Posicionamento por Ponto Preciso (PPP)**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em 11 maio 2014.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistemas de Referência FTP do IBGE**. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/sisref_2.pdf>. Acesso em 01 agosto 2013a.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema Geodésico Brasileiro**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias.shtm>>. Acesso em 01 setembro 2013b.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistemas de Referência**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/ibge/geografia/geodésico/default.shtm>>. Acesso em 12 setembro 2010.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Relatório de Estação Geodésica**. Estação Córrego Alegre, 1997. 01p.

IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Descrição de Vértice de Triangulação**. Ficha VT 209 – Córrego Alegre, 1969. 01p.

MADEIRA, D. **Distância Entre Coordenadas Geográficas**. In: <http://dan-scientia.blogspot.com.br/2009/05/distancia-entre-coordenadas-geograficas.html>. Acesso em 30 janeiro 2013.

MUGNIER, C.J., **Grids e Datums da República Federativa do Brasil**. Recebido por e-mail, do IBGE, em 2013. 01p.

SAMPAIO, A.C.F.; et al. VÉRTICE CHUÁ - SUA SITUAÇÃO E A NECESSIDADE DE PRESERVAÇÃO DE MONUMENTOS DA CARTOGRAFIA HISTÓRICA BRASILEIRA. **Revista Brasileira de Cartografia**, Edição de Cartografia Histórica: p. 877-885, 2015.

SAMPAIO, A.C.F.; SANTANA, O. F. C. ; JESUS FILHO, M. ; JESUS, C. M. R. . **Aplicações Práticas do Sistema de Posicionamento Global em Levantamentos e Ajustamento de Redes Geodésicas através da Trilateração Espacial**. Rio de Janeiro, RJ: Instituto Militar de Engenharia, 1988. 32p.

VOLPI, E.M. **Geodésia Aplicada ao Georreferenciamento**. UNILINS, Lins, SP, 2007. 54p.

CAPÍTULO 6

EFEITO DO ÂNGULO DE INCLINAÇÃO NO DESEMPENHO E PARÂMETROS ELÉTRICOS DE MÓDULO FOTOVOLTAICO: ESTUDO DE CASO PARA LOCALIDADES PRÓXIMA A LINHA DO EQUADOR

Data de aceite: 03/10/2022

Data de submissão: 04/08/2022

Silvio Bispo do Vale

Universidade Federal Pará (UFPA)/Campus Universitário de Ananindeua/Curso de Engenharia de Energia. Ananindeua - PA, Brasil
<https://lattes.cnpq.br/4884492375891611>

Kayt Nazaré do Vale Matos

Universidade Federal Pará (UFPA)/Campus Universitário de Ananindeua/Curso de Engenharia de Energia. Ananindeua - PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7752671042255946>

Wanderley Sena dos Santos

Universidade Federal Pará (UFPA)/Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE) Belém, PA, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3054455732410054>

Tatiane Perna Rodrigues

Universidade Federal Pará (UFPA)/Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE) Belém, PA, Brasil
<https://lattes.cnpq.br/1572403024575162>

Marinaldo de Jesus dos Santos Rodrigues
Universidade Federal Pará (UFPA)/Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE) Belém, PA, Brasil
orcid.org/0000-0003-2707-9735

RESUMO: A potência entregue por um módulo fotovoltaico depende de vários fatores e um deles é o seu ângulo de inclinação em relação a horizontal. Embora pequenas alterações no ângulo de inclinação possam não causar grande diferença na sua produção diária, mas quando se refere a produção mensal ou anual, mesmo uma pequena diferença na sua inclinação pode resultar em perdas significativas de geração de energia elétrica. Nesse sentido o presente artigo tem por objetivo realizar uma análise da influência da inclinação de estruturas fixas nos parâmetros elétricos de módulo fotovoltaico ao longo do ano. A análise é realizada para ângulos que variam de 0° a 70°. Um estudo de caso no Baixo Tocantins - PA (região Norte do Pará) é considerado. A partir dos parâmetros elétricos do módulo considerado, as correntes (curto-circuito e no ponto de máxima potência), a potência no ponto de máxima potência caem gradualmente com o aumento do ângulo de inclinação, enquanto que as tensões (círculo aberto e no ponto de máxima potência) aumentam gradualmente.

PALAVRAS-CHAVE: Ângulo de inclinação de módulos fotovoltaicos; parâmetros elétricos, otimização da produção de energia elétrica.

EFFECT OF TILT ANGLE ON THE PERFORMANCE AND ELECTRICAL PARAMETERS OF PV MODULE: CASE STUDY FOR LOCATIONS CLOSE TO THE EQUATOR

ABSTRACT: The power supplied by a photovoltaic module depends on several factors, and one of them is its tilt angle in relation to the horizontal. Although small changes in the tilt

angle may not make much difference in your daily production, but when it comes to monthly or annual production, even a small difference in your tilt angle can result in significant losses in generating electricity. In this sense, this paper aims to conduct a analysis of the influence of the tilt of fixed structures on the electrical parameters of a photovoltaic module throughout the year. The analysis is performed for tilt angle ranging from 0° to 70°. A case study in Baixo Tocantins - PA (Northern Pará region) is considered. From the electrical parameters of the module considered, the currents (short-circuit and at the point of maximum power), the power at the point of maximum power, fall gradually with the increase of the angle of inclination, while the voltages (open circuit and in the maximum power point) increase gradually.

KEYWORDS: Tilt angle on photovoltaic module performance, electrical parameters, optimization of electrical energy production.

1 | INTRODUÇÃO

A potência de saída de um módulo fotovoltaico (M_{FV}) depende, principalmente de dois fatores: temperatura da célula e irradiância solar incidente no módulo [1]. Dentre eles, o mais determinante, para avaliar em termos de desempenho da planta fotovoltaica é a irradiância solar. É fundamental que os M_{FV} sejam instalados corretamente para receber o máximo da luz solar. Para capturar a intensidade máxima de irradiação o módulo deve estar voltado para a normal aos raios solares incidente [2].

A determinação de uma inclinação ótima depende das técnicas de montagem, topografia do terreno e condições climáticas [3]. Convencionalmente, os M_{FV} são alinhados com a latitude da região [4]. Dois ângulos principais são usados para definir a orientação do sistema fotovoltaico: ângulo de inclinação e ângulo de azimute, em que o ângulo de inclinação é o ângulo vertical entre a horizontal e a superfície dos M_{FV} [5]. Hussein et al. [6] relataram que a máxima eficiência, potência no ponto de máxima potência (P_{PMP}) e a corrente de curto-circuito (I_{SC}) dos M_{FV} aumenta com a quantidade de irradiação interceptada pelo módulo, que depende principalmente de sua orientação (inclinação e azimute).

Se o ângulo de incidência da irradiância diferir substancialmente da reflexão de incidência normal, as perdas podem se tornar significativas que, por sua vez, diminuem a geração de eletricidade [7].

Caracterizar e avaliar o desempenho de M_{FVs} sob irradiação é desempenhar um papel significativo na pesquisa fotovoltaica. Nesse sentido, os esforços e técnicas devem ser dedicados a identificar um conjunto de parâmetros metodológicos que possam ser quantitativamente correlacionados com o desempenho real dos M_{FVs} , usando técnicas e abordagem que possibilite a caracterização do local em estudo.

Além disso, identificar as características de desempenho dos M_{FVs} é útil na modelagem de seu desempenho anual. As informações fornecidas pelos fabricantes de M_{FVs} são, normalmente, limitadas a coeficientes de temperatura, I_{SC} , tensão de circuito aberto (V_{oc}) e a P_{PMP} nas condições nominais. Essas informações, embora úteis na análise do desempenho do M_{FV} para classificação, são insuficientes para prever o desempenho

anual em condições operacionais reais.

Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo fazer uma avaliação do efeito do ângulo de inclinação de um M_{FV} no seu desempenho ao longo do ano. Para isso foram calculados valores de irradiação incidente em várias inclinações da superfície com orientação fixa (voltada para norte geográfico). Um estudo de caso é considerado na localidade do baixo Tocantins-PA, na cidade de Abaetetuba.

2 | MATERIAS E MÉTODOS

Foi desenvolvido um estudo de caso para a cidade de Abaetetuba-PA. A sede municipal tem as seguintes coordenadas geográficas $01^{\circ} 43' 24''$ de latitude Se $48^{\circ} 52' 54''$ de longitude. A Figura 1 mostra a variação do ângulo de inclinação para um M_{FV} genérico para a cidade de Abaetetuba-PA.

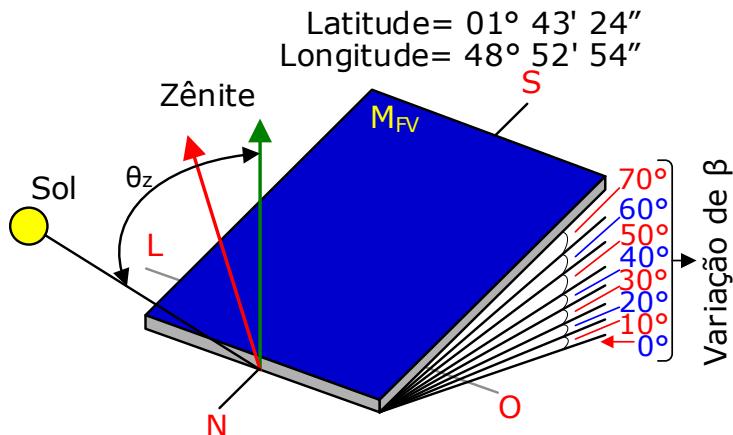


Figura 1 - Ângulo de inclinação de um M_{FV} fixo localizado em Abaetetuba-PA.

A média mensal da radiação solar total diária (\bar{H}_T) em uma superfície inclinada pode ser estimada por:

$$\bar{H}_T = \bar{H}_B + \bar{H}_D + \bar{H}_R \quad (1)$$

Onde \bar{H}_B , \bar{H}_D e \bar{H}_R representam radiação direta, difusa e refletida, respectivamente. De acordo [8] as componentes da radiação direta e difusa podem ser escritas pelas seguintes Equações:

$$\bar{H}_B = (\bar{H} - \bar{H}_d)\bar{R}_b \quad (2)$$

$$\bar{H}_D = R_d \bar{H}_d \quad (3)$$

Onde \bar{H} e \bar{H}_d representam a média mensal da radiação global e difusa em uma superfície horizontal, e \bar{R}_b e R_d são as razões entre a radiação diária média mensal direta e

diusa em uma superfície inclinada em relação a uma superfície horizontal, respectivamente. Para uma superfície inclinada localizada no hemisfério sul e voltada para o Equador (ângulo azimutal $\lambda = 180^\circ$), \bar{H}_B é estimada por:

$$\bar{H}_B = \frac{\cos(\phi + \beta) \cos \delta \sin \omega_s + (\pi/180) \omega_s \sin(\phi + \beta) \sin \delta}{\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + (\pi/180) \omega_s \sin \phi \sin \delta} \quad (4)$$

Onde β é o ângulo de inclinação (ver Figura 1), ϕ é a latitude, δ é a declinação, ω_s é a hora angular do pôr sol dado pela seguinte Equação:

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \quad (5)$$

A hora angular do pôr sol para uma superfície inclinada (ω_s) é dada por:

$$\omega_s = \min \left\{ \begin{array}{l} \cos^{-1}(-\tan \phi \tan \delta) \\ \cos^{-1}(-\tan(\phi + \beta) \tan \delta) \end{array} \right\} \quad (6)$$

A declinação pode ser determinada por:

$$\delta = 23,45 \operatorname{sen} \left[\frac{360(284+n)}{365} \right] \quad (7)$$

Onde n é o dia médio de cada mês. Os métodos para estimar o valor do fator \bar{R}_d são classificados como isotrópicos ou anisotrópicos. Os modelos isotrópicos são aqueles que consideram que a intensidade de radiação difusa no céu é uniforme. O fator \bar{R}_d pode ser determinado por [9]:

$$R_d = \left(\frac{1+\cos \beta}{2} \right) \quad (8)$$

Considerando a refletância difusa ρ da radiação solar total para os arredores, a radiação refletida na superfície inclinada é:

$$\bar{H}_R = \bar{H}_\rho \left(\frac{1-\cos \beta}{2} \right) \quad (9)$$

Então, a radiação total em uma superfície inclinada de acordo com [9] é:

$$\bar{H}_T = (\bar{H} - \bar{H}_d) \bar{R}_b + \bar{H}_d \left(\frac{1+\cos \beta}{2} \right) + \bar{H}_\rho \left(\frac{1-\cos \beta}{2} \right) \quad (10)$$

Através desta equação, a dependência da radiação solar total em relação ao ângulo β pode ser calculada através dos valores disponíveis de radiações diárias global e difusa.

O outro fator que determina a potência de saída de um M_{FV} é a temperatura de que pode ser obtida a partir da temperatura ambiente. A relação entre as temperaturas pode ser obtida através da Equação (11) de acordo com [10].

$$T_{cel.(\beta)} = T_a + \bar{H}_T \left(\frac{T_{NOC}-20}{800 \text{ W/m}^2} \right) \cdot 0,9 \quad (11)$$

Onde, T_a é a temperatura ambiente medida em ($^{\circ}\text{C}$); T_{NOC} é a temperatura nominal de operação da célula ($^{\circ}\text{C}$), normalmente fornecida pelo fabricante de M_{FVs} .

A máxima potência do M_{FV} pode ser calculada a partir da Equação (12) de acordo com [11]:

$$P_{PMP}(T_{cel. \beta}) = P_{FV}^0 \frac{\bar{H}_T}{\bar{H}_{T_{ref.}}} [1 - \gamma(T_{cel. \beta} - T_{ref.})] \quad (12)$$

Onde, γ é o coeficiente que relaciona a variação da P_{PMP} com a temperatura, P_{FV}^0 é a potência nominal fornecida pelo fabricante, $T_{ref.}$ é a temperatura na condição de ensaio (25 °C) e $\bar{H}_{T_{ref.}}$ é a irradiancia na condição de ensaio (1000 W/m²). A Figura 2 mostra as curvas corrente versus tensão (IV) e potência versus tensão (PV).

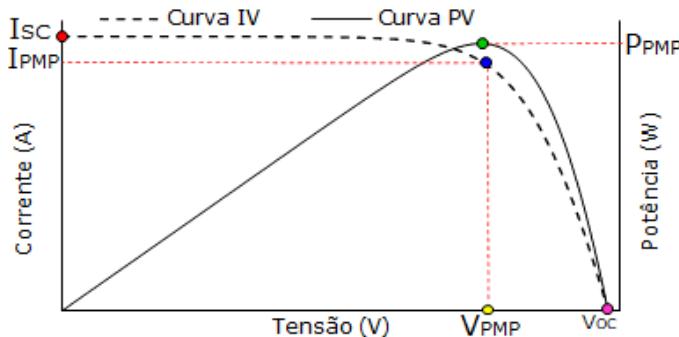


Figura 2 - Curvas corrente e potência versus tensão.

Na Figura 2 o ponto em destaque verde representa a P_{PMP} . Este ponto corresponde ao produto das coordenadas tensão no ponto de máxima potência (V_{PMP}) e a corrente no ponto de máxima potência (I_{PMP}) (ponto na cor azul). Os valores de V_{PMP} , I_{PMP} , I_{SC} e V_{oc} podem ser estimados através das seguintes Equações (13), (14), (15) e (16) de acordo com [9], respectivamente

$$V_{OC}(T_{cel. \beta}) = V_{OC_ref.} [1 - \mu(T_{cel. \beta} - T_{ref.})] \quad (13)$$

$$V_{PMP}(T_{cel. \beta}) = V_{PMP_ref.} [1 - \mu(T_{cel. \beta} - T_{ref.})] \quad (14)$$

$$I_{SC}(T_{cel. \beta}) = \frac{\bar{H}_T}{\bar{H}_{T_{ref.}}} I_{SC_ref.} [1 + \alpha(T_{cel. \beta} - T_{ref.})] \quad (15)$$

$$I_{PMP}(T_{cel. \beta}) = \frac{\bar{H}_T}{\bar{H}_{T_{ref.}}} I_{PMP_ref.} [1 + \alpha(T_{cel. \beta} - T_{ref.})] \quad (16)$$

Onde o sub índice “ref.” indica a grandeza fornecida pelos fabricantes de M_{FVs} . Os coeficientes μ e α relacionam as variações da tensão e corrente com a temperatura, respectivamente. A Tabela 1 mostra as grandezas elétricas do M_{FV} utilizado nesse estudo de caso.

Parâmetros elétricos	CS3K-300
P_{PMP} (W)	300
V_{PMP} (V)	32,7
I_{PMP} (A)	9,18
V_{oc} (V)	39,3
I_{sc} (A)	9,65

TABELA 1 - Figura 1- Parâmetros elétricos do M_{FV} utilizado.

3 | ANÁLISE DE RESULTADOS

Nesta seção o efeito da variação do ângulo β é avaliado nos parâmetros elétricos de M_{FV} . A Figura 3 mostra os valores de \bar{H}_T , dados reais e estimados, para a cidade de Belém-PA e Abaetetuba-PA, respectivamente.

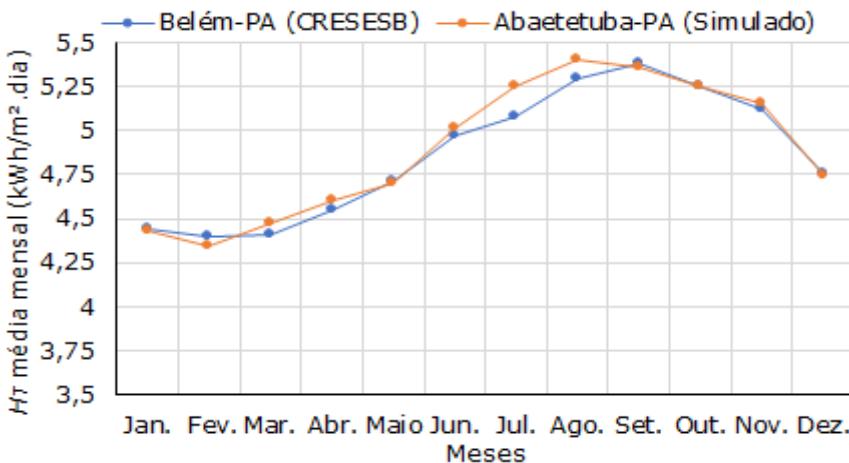


Figura 3 - Média mensal da radiação total diária para a cidade de Belém-PA (dados do CRESESB) e Abaetetuba-PA (dados estimados)

A estimativa de \bar{H}_T foi realizada através da Equação 10 e os métodos desenvolvidos por [12]. Foram realizadas simulações para a média mensal de cada mês. Os valores obtidos para a cidade de Abaetetuba-PA foram comparados com os valores disponibilizados pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata> para a cidade de Belém-PA. A Figura 4 mostra os valores \bar{H}_T estimados para a cidade de Abaetetuba-PA em função do ângulo β para cada mês do ano.

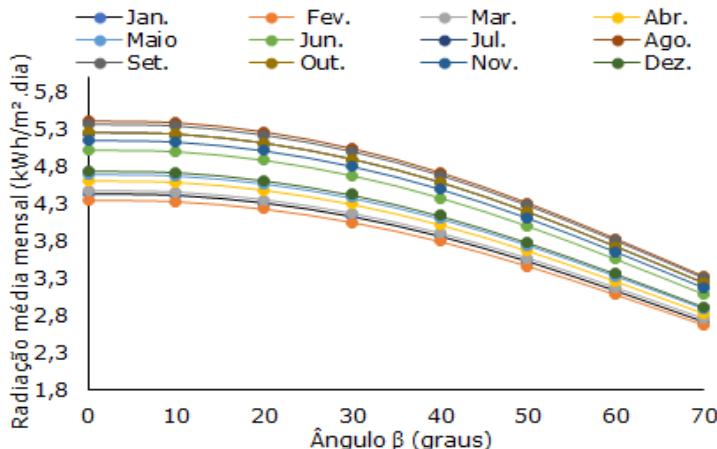


Figura 4 – Estimativa de \bar{H}_T em função do ângulo de inclinação

Os valores da temperatura ambiente foram obtidos de CRESESB e a partir da Equação (11) foram estimados os valores de $T_{cel.(\beta)}$. Como pode se observar na Figura 5 os valores de $T_{cel.(\beta)}$ são plotados também em função do ângulo de inclinação do M_{FV} que variam de 0° a 70°.

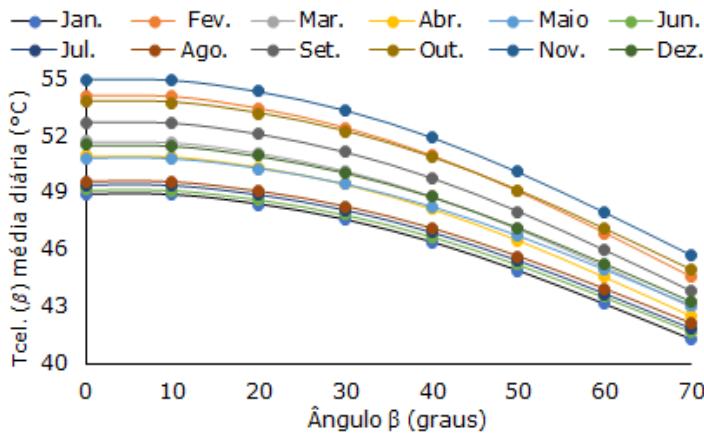


Figura 5 – Estimativa da temperatura de célula em função do ângulo β .

A partir dos valores estimados nas Figuras 4 e 5 e da Equação 12 é possível estimar a energia média mensal (E_{MFV}) de um M_{FV} pode produzir caso seja instalado na cidade de Abaetetuba-PA com ângulos de inclinação variando de 0° a 70° tal como pode ser observado na Figura 6.

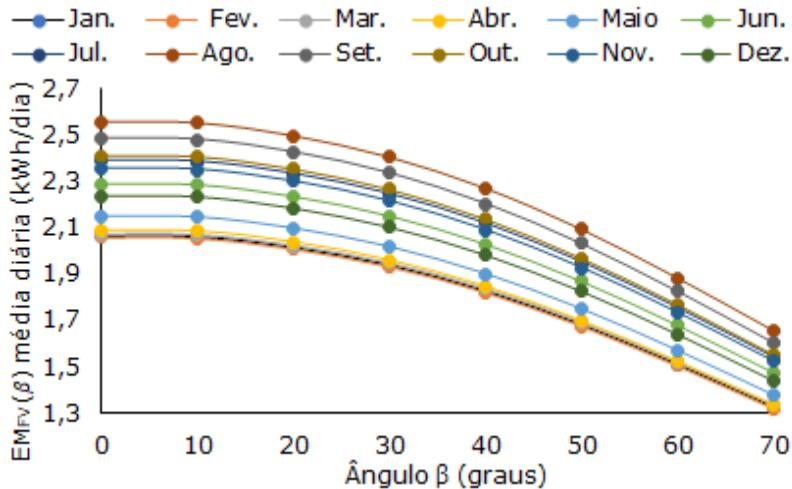


Figura 6 - Estimativa da energia média mensal um M_{Fv} em função do ângulo β para a cidade de Abaetetuba-PA.

Os parâmetros V_{oc} , V_{PMP} , I_{SC} e I_{PMP} são mostrados nas Figuras 7 e 8, respectivamente.

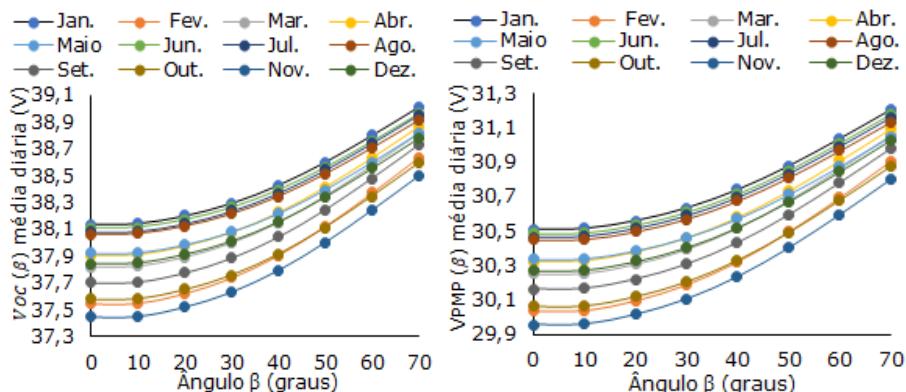


Figura 7 - Estimativa da tensão de um M_{Fv} em função do ângulo β para a cidade de Abaetetuba-PA.

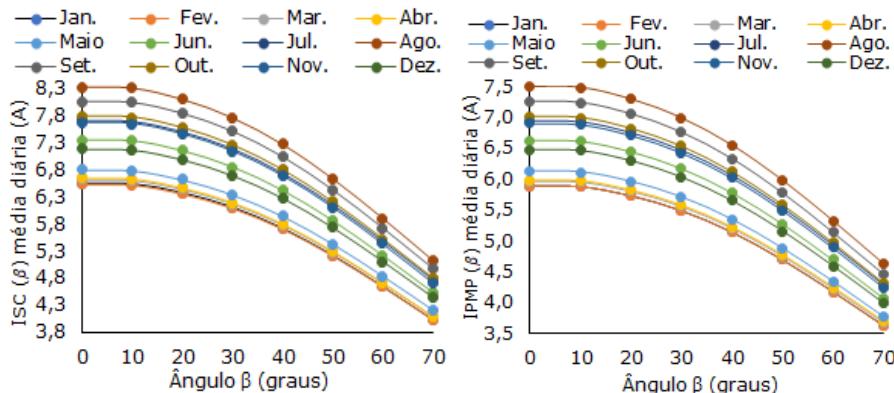


Figura 8 - Estimativa da corrente de um M_{FV} em função do ângulo β para a cidade de Abaetetuba-PA.

Como pode ser observado a radiação total tem seu valor reduzido gradativamente em função do ângulo β com valores críticos a partir de 20° . O melhor mês de produção de energia elétrica ocorre em agosto. O mesmo efeito é observado para a temperatura de célula. Porém, com a diminuição da temperatura de célula ocorre um aumento gradativo da tensão, tanto de V_{oc} quanto de V_{PMP} . A Tabela 2 mostra os dados analisados para o melhor mês (agosto) de todos os parâmetros.

β (°)	0	10	20	30	40	50	60	70
E_{MFV} (kWh/dia)	2,6	2,6	2,5	2,4	2,3	2,1	1,9	1,7
I_{SC} (A)	8,3	8,3	8,1	7,8	7,3	6,6	5,9	5,1
I_{PMP} (A)	7,5	7,5	7,3	7,0	6,5	6,0	5,3	4,6
$T_{cel.}$ (°C)	49	49	48	48	46	45	43	41
V_{oc} (V)	38,1	38,1	38,2	38,3	38,4	38,6	38,8	39,0
V_{PMP} (V)	30,5	30,5	30,6	30,6	30,7	30,9	31,0	31,2

TABELA 1 - Dados analisados para o melhor mês (agosto) de todos os parâmetros.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, um dos objetivos principais foi avaliar o impacto da inclinação de M_{FV} na irradiação e temperatura de célula, e nos parâmetros elétricos dos M_{FV} . Além disso, foi realizado uma análise que demonstrando qual inclinação do M_{FV} deve estar no período de maior incidência solar durante os meses, determinando assim uma orientação da estrutura fixa que otimize a produção de energia elétrica.

Foi encontrado ângulo ótimo para cada mês, bem como um ângulo ótimo para um ano. Os parâmetros calculados a partir dos dados mostraram o comportamento dos parâmetros elétricos de um módulo genérico para todo o ano. Para validar a metodologia

desenvolvida, foram extraídos dados da incidência de radiação da cidade de Belém-PA como referência.

REFERÊNCIAS

- [1] SALIH. **Effect of Tilt Angle Orientation on Photovoltaic Module Performance**. ISESCO Centre for Promotion of Scientific Research (ICPSR). 10,2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/260532829_Effect_of_Tilt_Angle_Orientation_on_Photovoltaic_Module_Performance
- [2] HAFEZ, *et al.* **Tilt and azimuth angles in solar energy applications – A review**. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 3, Issue 3, July 2022, Pages 278-290. <https://doi:10.1016/j.rser.2017.03.131>
- [3] A.A BABATUNDE, *et al.* **Analysis of the impact of dust, tilt angle and orientation on performance of PV Plants**. Renew. Sust. Energ. Rev. 90 (2018) 1017 1026. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.102>
- [4] KADIR BAKIRCI. **General models for optimum tilt angles of solar panels: Turkey case study**. Renew. Sust. Energ. Rev. 16 (2012) 6149–6159. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.07.009>.
- [5] A.A BABATUNDE, *et al.* **Evaluation of field data and simulation results of a photovoltaic system in countries with high solar radiation**. Turk. J. Elec. Eng. Comp. Sci. 23 (2015) 1608–1618. <https://doi.org/10.3906/elk-1402-313>
- [6] H.M.S. HUSSEIN, *et al.* **Performance evaluation of photovoltaic modules at different tilt angles and orientations**. Energy Convers. Manag. 45 (2004). <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2003.11.013>
- [7] N. MARTIN, J.M. RUIZ. **Calculation of the PV modules angular losses under field conditions by means of an analytical model**. Sol. Energy Mater Sol. Cells 70 (2001)25–38.[https://doi.org/10.1016/S0927-0248\(00\)00408-6](https://doi.org/10.1016/S0927-0248(00)00408-6)
- [8] DUFFE, J.; Beckman, W. **Solar Engineering of Thermal Processes**. 2nd ed.; John Wiley and Sons: New York, NY, USA, 1991.
- [9] Liu, B., Jordan, R., 1961. Daily insolation on surfaces tilted towards equator. Trans. ASHRAE, vol. 10, pp. 53–59.
- [10] ROBERTO Zilles. **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- [11] LUIS NARVARTE and EDUARDO LORENZO. **Tracking and ground cover ratio**. Progress in Photovoltaics: Research and Applications, 16 (2008), pp. 703-714. <https://doi.org/10.1002/pip.847>
- [12] RODRIGUES, M. J. S., VALE, S.B., TATIANE PERNA . **Análise Do Ângulo De Inclinação Solar De Painéis Fotovoltaicos Para Localidades No Baixo Tocantins-Pa**. As engenharias agregando conhecimento em setores emergentes de pesquisa e desenvolvimento. 1ed.Ponta Grossa, Paraná: Atena Editora, 2021, v. , p. 105-106. <https://sistema.atenaeditora.com.br/index.php/admin/api/artigoPDF/45139>

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA - Técnico em Química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Bacharel em Química pela Universidade de Uberaba (2011), em Ciências Biológicas (2021) e em Física (2022) pela Faculdade Única. Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012), especialista em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021), especialista em Ciências Naturais e Mercado de Trabalho (2021) pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2015), com ênfase no desenvolvimento de um bioadsorvente para remoção de íons As(V), Sb(III) e Se(IV) em diferentes matrizes aquáticas. Doutorado em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2018), com ênfase em Processos Oxidativos Avançados [fotocatálise heterogênea ($TiO_2/UV-A$ e $TiO_2/Solar$, $H_2O_2/UV-C$) para remoção de contaminantes de preocupação emergente (CPE) em diferentes matrizes aquáticas. Realizou o primeiro estágio de Pós-Doutorado (de maio de 2019 a junho de 2021) na Universidade Federal de Uberlândia com ênfase na aplicação de novos agentes oxidantes utilizando radiação solar para remoção de CPE em efluentes de uma estação de tratamento de esgoto. Atualmente está realizando sua segunda Prática de Pós-Doutorado (julho de 2021 - atual) na UFU na mesma linha de pesquisa. Atuei durante 11 anos como técnico químico no Instituto Federal de Goiás, tendo sido responsável pela análise de parâmetros físico-químicos e biológicos de água e efluentes de estação de tratamento de efluentes. Atualmente, vem atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (i) Desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) estudos de acompanhamento do CPE; (iii) Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) Aplicação de processos oxidativos avançados ($H_2O_2/UV-C$, $TiO_2/UV-A$ e foto-Fenton e outros) para remoção de CPE em efluentes de estação de tratamento de efluentes para reuso; (v) Estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (vi) Educação Ambiental e; (vii) alfabetização científica e processos de alfabetização na área de Ciências Naturais, especialmente biologia e química.

ÍNDICE REMISSIVO

A

- Adubo orgânico 16, 17, 18, 19, 23
- Amostragem 39, 40, 41, 42, 45
- Amostras 31, 43, 44, 45
- Antibióticos 26, 28
- Antimicrobianos 26, 27, 28
- Antisséptica 26, 27
- Árvores 37, 38, 39, 41, 42, 45, 49, 53, 54

B

- Bactérias patogênicas 26, 28
- Base nacional curricular comum 2
- Biomassa 37, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 49, 50, 51, 53, 54, 55

C

- Calophyllum brasiliense* 37, 38, 39
- Clorofila 20
- Clorose 19, 20
- Compostagem 16, 17, 19, 21, 22, 23, 24
- Composteira 18, 22, 23, 24
- Compostos fenólicos 29, 32, 33, 34, 35
- Contextualização 4, 6, 24
- Córrego Alegre 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70

E

- Educação ambiental 16, 17, 18, 21, 24, 25, 81
- Energia elétrica 71, 79
- Ensino-aprendizagem 24
- Enterococcus faecalis* 33
- Escherichia coli* 30, 33, 34
- Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) 2, 3, 15
- Extratos alcoólicos 26, 30

F

- Flavonóides 26, 29, 34

Folhas 19, 20, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 38, 41, 43, 64

Função logarítmica 1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14

I

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) 69, 70

Interdisciplinaridade 4, 6, 7, 10, 12, 14

Irradiação 72, 73, 79

J

Jaqueira 26, 27, 30, 31, 33, 34

L

Lixo 17, 18, 19, 21, 25

M

Macronutrientes 19, 20

Matemática 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 14, 56, 59, 81

Meio ambiente 16, 17, 18, 21

Micronutrientes 19, 20, 21

Microrganismos 26, 27, 28, 33

Módulo fotovoltaico 71, 72

P

Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) 2, 21

Parâmetros elétricos 71, 76, 79

Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) 17, 18

R

Radiação solar 29, 73, 74, 81

Raízes 20, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34

Reciclagem 17, 18, 19, 25

Recursos naturais 38

Resíduos 17, 18, 19, 21, 25, 81

S

Serrapilheira 45, 50

Sistemas Geodésicos de Referência (SGR) 56

Staphylococcus aureus 33, 36

T

Terpenos 27, 33

Triângulo Mineiro 59, 60, 61, 81

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:

Conhecimentos didático-pedagógicos
e o ensino-aprendizagem 2



- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- ﴿ www.facebook.com/atenaeditora.com.br

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:

Conhecimentos didático-pedagógicos
e o ensino-aprendizagem 2



- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ [contato@atenaeditora.com.br](mailto: contato@atenaeditora.com.br)
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- FACEBOOK www.facebook.com/atenaeditora.com.br