



*Stricto
ensu*
Editora

ENGENHARIAS, CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA:
**PESQUISAS BÁSICAS
E APLICADAS**

ORGANIZADOR

Josimar Batista Ferreira

2021

ISBN: 978-65-86283-52-5

Josimar Batista Ferreira

(Organizador)

Engenharias, Ciências Exatas e da Terra: Pesquisas Básicas e Aplicadas

Rio Branco, Acre

Stricto Sensu Editora

CNPJ: 32.249.055/001-26

Prefixos Editorial: ISBN: 80261 – 86283 / DOI: 10.35170

Editora Geral: Profa. Dra. Naila Fernanda Sbsczk Pereira Meneguetti

Editor Científico: Prof. Dr. Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti

Bibliotecária: Tábata Nunes Tavares Bonin – CRB 11/935

Capa: Elaborada por Led Camargo dos Santos (ledcamargo.s@gmail.com)

Avaliação: Foi realizada avaliação por pares, por pareceristas *ad hoc*

Revisão: Realizada pelos autores e organizadores

Conselho Editorial

Prof^a. Dr^a. Ageane Mota da Silva (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Acre)

Prof. Dr. Amilton José Freire de Queiroz (Universidade Federal do Acre)

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto (Universidade Federal de Goiás – UFG)

Prof. Dr. Edson da Silva (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri)

Prof^a. Dr^a. Denise Jovê Cesar (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina)

Prof. Dr. Francisco Carlos da Silva (Centro Universitário São Lucas)

Prof. Dr. Humberto Hissashi Takeda (Universidade Federal de Rondônia)

Prof. Msc. Herley da Luz Brasil (Juiz Federal – Acre)

Prof. Dr. Jader de Oliveira (Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Araraquara)

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos (Universidade Federal do Piauí – UFPI)

Prof. Dr. Leandro José Ramos (Universidade Federal do Acre – UFAC)

Prof. Dr. Luís Eduardo Maggi (Universidade Federal do Acre – UFAC)

Prof. Msc. Marco Aurélio de Jesus (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia)

Prof^a. Dr^a. Mariluce Paes de Souza (Universidade Federal de Rondônia)

Prof. Dr. Paulo Sérgio Bernarde (Universidade Federal do Acre)

Prof. Dr. Romeu Paulo Martins Silva (Universidade Federal de Goiás)

Prof. Dr. Renato Abreu Lima (Universidade Federal do Amazonas)

Prof. Dr. Renato André Zan (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia)

Prof. Dr. Rodrigo de Jesus Silva (Universidade Federal Rural da Amazônia)

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57

Engenharias, ciências exatas e da terra : pesquisas básicas e aplicadas / Josimar Batista Ferreira (org.). – Rio Branco : Stricto Sensu, 2021.

242 p. : il.

ISBN: 978-65-86283-52-5

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283525

1. Engenharias. 2. Ciências exatas. 3. Ciências da terra. I. Ferreira, Josimar Batista. II. Título.

CDD 22. ed. 620

Biblioteca Responsável: Tábata Nunes Tavares Bonin / CRB 11-935

O conteúdo dos capítulos do presente livro, correções e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

É permitido o download deste livro e o compartilhamento do mesmo, desde que sejam atribuídos créditos aos autores e a editora, não sendo permitido à alteração em nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.sseditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O livro apresenta-nos 14 capítulos acerca-se de revisões e pesquisas originais, nos deleitando com contextos interdisciplinares na geração de conhecimentos de bases sustentáveis e inovadores, aplicados as áreas de engenharias, ciências exata e da terra.

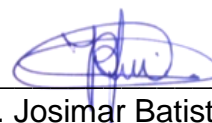
Em seus capítulos, o livro faz referências as pesquisas básicas e aplicadas, com estudos de temáticas, por exemplo, processamento de produtos não convencionais para alimentação animal e humana; utilização de subprodutos dos processos agroindustriais em substituição à produtos minerais “adubação mineral orgânica”; enfatiza também a produção sustentável na agricultura e aplicação de controle alternativos por via de extratos e seus efeitos tóxicos;

Dentro da grande área de engenharias, nos proporciona a conhecer aplicação das nanotecnologias na construção civil e preservação de materiais; na geração de energia limpa e sustentável.

Por fim, concluímos os capítulos com uma revisão de pesquisa voltada para o olhar cotidiano, dentro da temática de probabilidade aplicado no dia a dia, a citar, os jogos de azar, aposta lotéricas, aplicação de senhas padrões, entre outras.

Almeja-se com esse livro incentivar alunos do ensino básico, graduação e pós-graduação ao desenvolvimento crítico/científico com uma formação interdisciplinar, contribuindo na aprendizagem e desenvolvimento socioeconômico com vista à sustentabilidade e avanços tecnológicos dentro da temática das áreas das engenharias, ciências exata e da terra.

A todos uma excelente leitura.



Prof. Dr. Josimar Batista Ferreira

SUMÁRIO

CAPÍTULO. 1.....10

A RICINOQUÍMICA E O PROCESSAMENTO DOS SUBPRODUTOS POTENCIALMENTE APTOS PARA A ALIMENTAÇÃO DE MONOGÁSTRICOS: CAPÍTULO 1 - SITUAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MAMONA

Juliana Cláudia Neves de Santana Silva (Centro Universitário dos Guararapes)

Jorge Vitor Ludke (Embrapa Suínos e Aves)

Giovani Rotta Bertani (Universidade Federal de Pernambuco)

Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke (Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Camila Guedes Valadares (Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Adiel Sousa Silva (BRANDT do Brasil)

Liv Soares Severino (Embrapa Algodão)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283525.01

CAPÍTULO. 2.....20

A RICINOQUÍMICA E O PROCESSAMENTO DOS SUBPRODUTOS POTENCIALMENTE APTOS PARA A ALIMENTAÇÃO DE MONOGÁSTRICOS: CAPÍTULO 2 - PROCESSAMENTO DOS SUBPRODUTOS PARA A ALIMENTAÇÃO DE MONOGÁSTRICOS

Juliana Cláudia Neves de Santana Silva (Centro Universitário dos Guararapes)

Camila Guedes Valadares (Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke (Universidade Federal Rural de Pernambuco)

Giovani Rotta Bertani (Universidade Federal de Pernambuco)

Adiel Sousa Silva (BRANDT do Brasil)

Jorge Vitor Ludke (Embrapa Suínos e Aves)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283525.02

CAPÍTULO. 3.....38

ESTERCO AVÍCOLA COMO ALTERNATIVA DE ADUBAÇÃO DE PLANTIO NA CULTURA DE MILHO

Camila Ferreira Martins Freire (Universidade Federal do Acre)

Josimar Batista Ferreira (Universidade Federal do Acre)

José Genivaldo do Vale Moreira (Universidade Federal do Acre)
Luan de Oliveira Nascimento (Universidade Federal do Acre)
Romaína Idayara Silva de Araújo (Universidade Federal do Acre)
DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283525.03

CAPÍTULO. 4.....56

SISTEMA DE PRODUÇÃO CONSORCIADA DE FEIJÃO-CAUPI COM PINHÃO-MANSO

João Alfredo Neto da Silva (Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural)
Cesar José da Silva (Embrapa Agropecuária Oeste)
Cristiano Márcio Alves de Souza (Universidade Federal da Grande Dourados)
Paulo Rogério Beltramin da Fonseca (Universidade Federal do Amazonas)
DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283525.04

CAPÍTULO. 5.....70

DESEMPENHO DE CULTIVARES DE ARROZ EM DIFERENTES TIPOS DE SOLO NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Jacilma de Siqueira Pinho Salvador (Universidade Federal do Amazonas)
Paulo Rogério Beltramin da Fonseca (Universidade Federal do Amazonas)
Marcos André Braz Vaz (Universidade Federal do Amazonas)
Inocêncio Junior de Oliveira (Embrapa Amazônia Ocidental)
João Alfredo Neto da Silva (Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural)
DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283525.05

CAPÍTULO. 6.....87

EFICIÊNCIA DE EXTRATOS VEGETAIS SOBRE *Meloidogyne incognita* (raça 03) EM TOMATE

Larissa Fernanda Andrade Souza (Universidade Federal de Lavras)
Tiago Yukio Inoue (Universidade Federal de Lavras)
Nathália Nascimento Guimarães (Universidade Federal de Lavras)
Lara Nascimento Guimarães (Universidade Federal de Lavras)
Ananda dos Santos Vieira (Universidade Federal de Lavras)
Ana Caroline de Sousa Barros (Universidade Federal de Lavras)

Gabriella Alves Ramos (Universidade Federal de Lavras)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283525.06

CAPÍTULO. 7.....98

EFEITO TÓXICO DO EXTRATO DAS PARTES AÉREAS DA ERVA MATE: ESTUDO *in vitro* COM ERITRÓCITOS PREVIAMENTE EXPOSTOS AO HERBICIDA 2,4D

Jamille Felipi Bonazza (Universidade de Cruz Alta)

Jéssica dos Santos Goulart (Universidade de Cruz Alta)

Thayná Oliveira Dias (Universidade de Cruz Alta)

Caroline Alegransi (Universidade de Cruz Alta)

Gabrielly Machado Ribeiro (Universidade de Cruz Alta)

Erika Emanuele Costa Rodrigues (Universidade de Cruz Alta)

Roberta Cattaneo (Universidade de Cruz Alta)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283525.07

CAPÍTULO. 8.....110

NANOTECNOLOGIA EM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL: NANOMATERIAIS, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES

Paulo Henrique Ribeiro (Universidade Federal de São Paulo)

Julia Wippich Lencioni (Universidade do Vale do Paraíba)

Elias Barros Santos (Universidade Federal de São Paulo)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283525.08

CAPÍTULO. 9.....121

CONSTRUÇÃO DE AQUECEDOR SOLAR COM MATERIAIS ALTERNATIVOS PARA DUCHAS RESIDENCIAIS E ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO

Iara Ferreira de Rezende Costa (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri)

Ana Rosa Pessoa Ruppim (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri)

Anna Beatriz Guimarães Sicupira (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri)

Emily Machado Jardim (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri)

Rafaella Souza Santos Oliveira (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri)

Alcino de Oliveira Costa Neto (Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283525.09

CAPÍTULO. 10.....145

OS CENÁRIOS E AS PERSPECTIVAS DE EXPANSÃO PARA AS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS (PCHs) NO ESTADO DE RONDÔNIA

Eduardo Egidio Vicensi Deliza (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia)

Fabício Moraes de Almeida (Universidade Federal de Rondônia)

Flávio de São Pedro Filho (Universidade Federal de Rondônia)

Valeria Arenhardt (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia)

Roberto Simplício Guimarães (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia)

Izan Fabrício Neves Calderaro (Universidade Federal de Rondônia)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283525.10

CAPÍTULO. 11.....157

REPOTENCIAÇÃO DE PCHS: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

Eduardo Egidio Vicensi Deliza (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia)

Fabício Moraes de Almeida (Universidade Federal de Rondônia)

Flávio de São Pedro Filho (Universidade Federal de Rondônia)

Valéria Arenhardt (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia)

Roberto Simplício Guimarães (Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283525.11

CAPÍTULO. 12.....178

ENAMINOÉSTERES COMO AGENTES ANTICORROSIVOS PARA AÇO-CARBONO EM MEIO ÁCIDO

Mariana Falcão Lopes Princisval Carlos (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro)

Arthur Valbon Rodrigues (Soul Stone Solutions)

Neubi Francisco Xavier Junior (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro)

Margareth Rose Lima Santos (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro)

Glauco Favilla Bauerfeldt (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro)

Aurea Echevarria (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283525.12

CAPÍTULO. 13.....198

**FORMULAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO, INTENÇÃO DE COMPRA DE MEL ENRIQUECIDO
COM PRÓPOLIS VERDE E ESSÊNCIA DE CHOCOLATE**

Luciene Xavier de Mesquita-Carvalho (Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande de Norte)

Madson Douglas de Freitas (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio
Grande de Norte)

Jennifer de Oliveira Lemos (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio
Grande de Norte)

Maria Vitória Nunes Fernandes (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Rio Grande de Norte)

Leonardo Emmanuel Fernandes de Carvalho (Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande de Norte)

Antônio Abreu da Silveira Neto (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Rio Grande de Norte)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283525.13

CAPÍTULO. 14.....216

SITUAÇÕES COTIDIANAS SOB O OLHAR DA PROBABILIDADE

Liamara Cristina dos Santos (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)

Daniela Trentin Nava (Universidade Tecnológica Federal do Paraná)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283525.14

ORGANIZADOR.....238

ÍNDICE REMISSIVO239

A RICINOQUÍMICA E O PROCESSAMENTO DOS SUBPRODUTOS POTENCIALMENTE APTOS PARA A ALIMENTAÇÃO DE MONOGÁSTRICOS: CAPÍTULO 1 - SITUAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MAMONA

**Juliana Cláudia Neves de Santana Silva¹, Jorge Vitor Ludke², Giovani Rotta Bertani³,
Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke⁴, Camila Guedes Valadares⁴, Adiel Sousa
Silva⁵ e Liv Soares Severino⁶**

1. Centro Universitário dos Guararapes, PPG - UNIFG, Recife, PE, Brasil;
2. Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC, Brasil;
3. Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Bioquímica, Recife, PE, Brasil;
4. Universidade Federal Rural de Pernambuco, PPG - Zootecnia, Recife, PE, Brasil;
5. BRANDT do Brasil, Petrolina, PE, Brasil;
6. Embrapa Algodão, Campina Grande, PB, Brasil.

RESUMO

Neste capítulo estão abordadas questões relativas à produção de mamona. O cultivo da mamoneira foi muito expressivo no Brasil no século passado. Embora, atualmente haja déficit na produção de óleo de mamona no país e parte do consumo seja importado, os recentes avanços em mecanização da colheita podem viabilizar o aumento da produção. A semente da mamoneira apresenta metade do seu peso em óleo que é constituído principalmente por ácido ricinoléico. Este ácido graxo possui propriedades químicas peculiares dando origem a um complexo tecnológico específico na indústria química. Oscilações na produção mundial de mamona provocam mudanças imprevisíveis no preço pago ao produtor comprometendo o planejamento financeiro da atividade agrícola. A imprevisibilidade na receita dificulta investimentos em tecnologia e compromete o alcance de alta produtividade. No Brasil, existem dois modelos de produção: um modelo tradicional adaptado ao semiárido com baixo nível tecnológico e baixa produtividade e outro modelo em desenvolvimento como opção para rotação de culturas na segunda safra do sistema soja-milho-algodão. No modelo tradicional no semiárido existem 600 mil hectares com plena aptidão para o plantio e nas áreas de Cerrado na segunda safra há 5 milhões de hectares aptos à produção. O zoneamento agrícola de risco climático elaborado em 2020 (ZARC-Mamona) contemplou estes dois modelos de produção. Para atender as demandas do modelo empresarial, já existem opções de variedades híbridas com ciclo curto, plantas de porte baixo e alta produtividade potencial, mas ainda é preciso melhorar a eficiência de colheita ajustando os equipamentos, as variedades e as técnicas de manejo.

Palavras-Chave: Mamona, Óleo e *Ricinus communis* L.

ABSTRACT

This chapter addresses issues related to the production of castor. The cultivation of castor was very expressive in Brazil in the last century. Although currently there is a deficit in the production of castor oil and a part of the consumption is imported, the recent progress in mechanization of harvest can lead to a production increase. Castor seed has half of its weight in oil, which is mainly composed of ricinoleic acid. This fatty acid has peculiar chemical properties giving rise to a specific technological complex in the chemical industry. Oscillations in worldwide castor production causes unpredictable changes in the price paid to the producer, compromising the effective finance planning of the agricultural activity. The income unpredictability hinders the adoption of technology and compromises the achievement of high productivity. In Brazil, there are two cropping systems: a traditional system adapted to the semi-arid region with low technological level and low productivity, and another system being developed as an option for crop rotation as second crop in the soybean-corn-cotton system. In the traditional system in the semiarid region, 600 thousand hectares are fully suitable for planting and in the Cerrado region, there are 5 million hectares are mapped as suitable for production as second crop. The agricultural zoning of climatic risks elaborated in 2020 (ZARC-Mamona) considered these two cropping systems. In order to meet the demands of the business model, hybrid varieties with short-cycle, dwarf plants, and high yield potential are available; however, it needs improvement in machinery, varieties, and crop management for improving the harvesting efficiency.

Keywords: Castor, Oil and *Ricinus communis* L.

1. INTRODUÇÃO

A semente da mamoneira (*Ricinus communis* L.) tem, em média, um conteúdo de óleo que alcança 47% e teor do ácido ricinoléico alcançando até 87,6% de concentração (LAGO, 2009). Este ácido graxo predominante possui a excepcionalidade de ser hidroxilado e isso lhe confere propriedades químicas peculiares que deram origem a um complexo tecnológico específico bastante desenvolvido na indústria química chamado Ricinoquímica (OGUNNIYI, 2006). O ácido graxo ricinoléico possui três grupos funcionais altamente reativos na sua estrutura: um grupo carboxila no carbono 1, uma dupla ligação no carbono 9 e uma hidroxila no carbono 12. Esses três pontos de reação combinados propiciam uma extensa lista de reações químicas e a obtenção de produtos industriais com várias aplicações. Por exemplo, o óleo de mamona é o único óleo glicerídico solúvel em álcool a baixas temperaturas (BELTRÃO, 2003). Entre as múltiplas aplicações do óleo de mamona, incluem-se a produção de lubrificantes para motores de alta rotação, como auxiliar na dinâmica de fluidos em hidráulica sendo indispensável como agente anticongelante de combustíveis para motores de aviões e foguetes espaciais, usado na produção de plásticos, borrachas e vidros, componentes de tintas, vernizes e colas, na produção de cosméticos e sabões, produtos

farmacêuticos, desinfetantes, germicidas, inseticidas e fungicidas. Devido às propriedades químicas especiais, o óleo de mamona tem ampla aplicação industrial, o que explica a grande demanda e seu alto valor no mercado mundial. A demanda por óleo de mamona é inelástica, isto é, o volume consumido se altera pouco quando o preço sobe ou desce. Essa característica dificulta o equilíbrio entre produção e consumo mundial e faz com que o valor pago ao produtor oscile numa faixa muito ampla e aumente o risco da atividade. Entre 2002 e 2008, o preço da mamona na principal região de produção (Irecê-BA) oscilou entre o mínimo de R\$ 0,40/kg até o máximo de R\$ 1,42/kg (Severino, 2009). Houve períodos em que o preço aumentou 34,2% em apenas 30 dias. A alta volatilidade dos preços aumenta o risco da atividade e inibe investimentos em tecnologia que poderiam aumentar a sua produção. Na média histórica, o óleo de mamona tem valor 2,5 vezes superior ao óleo de soja, atingindo picos de 3,5 vezes em períodos de pouca oferta.

2. REVISÃO DE LIETARURA

2.1. MERCADO DO ÓLEO DE MAMONA

A demanda mundial por óleo de mamona é crescente com aumento estimado em uma taxa anual de 3,4% no quinquênio compreendido entre 2021 até 2026 e, cerca de 25% do óleo de mamona é absorvido e industrializado na União Europeia (CARRINO et al., 2020). A demanda internacional foi de 817 mil toneladas em 2020 e o Brasil de forma recorrente, nas últimas décadas, tem importado óleo de mamona para conseguir atender o mercado interno e os contratos internacionais com a Europa e países do Mediterrâneo. Os valores gastos no Brasil com importação de óleo de mamona foram de US\$ 3,82 milhões em 2016, US\$ 13,4 milhões em 2017, US\$ 8,5 milhões em 2018 e US\$ 3,87 milhões em 2019. A dependência externa brasileira é decorrente da produção interna de mamona que é insuficiente para atender o mercado. Segundo as estatísticas oficiais, a estimativa para a safra da mamona no Brasil em 2020 foi de somente 43,3 mil toneladas com uma produtividade de 951 kg/ha e área plantada de 45,5 mil hectares e a projeção para 2021 é ainda mais baixa: 38,1 mil toneladas com uma produtividade de 805 kg/ha e área plantada de 47,4 mil hectares (CONAB, 2021). O Brasil importa semente de mamona do Paraguai e óleo de mamona da Índia e, em ambos os casos, as empresas importadoras se beneficiam do regime aduaneiro

chamado “Drawback” no qual impostos incidentes sobre os insumos importados e usados na industrialização são compensados quando ocorre a exportação de produtos que foram produzidos usando estas matérias primas importadas. A compensação de impostos ocorre mediante o emprego de coeficientes técnicos relativos aos rendimentos industriais obtidos na transformação da matéria prima em cada processo químico no qual se gera o produto a ser exportado (óleo de mamona nº 1, super dry, light colour e hidrogenado, ácido 12-hidroxi esteárico, ácido ricinolêico entre outros). Na década de 1980, o Brasil foi por alguns poucos anos o maior produtor mundial de mamona, mas isto ocorreu em decorrência de quebras de safra na Índia, o principal país produtor. Naquela época, a área brasileira de cultivo era de 400 mil hectares. Segundo Santos et al. (2007) à época, no Brasil, existia uma capacidade industrial para extração de óleo de mamona para processar 440 mil toneladas de bagas ao ano o equivalente à extração de 198 mil toneladas de óleo. A evolução da produção de mamona está apresentada no gráfico 1 fundamentada nos registros históricos da produção anual estimada e contidos na base de dados da CONAB (2021) e FAOSTAT (2021). A produção brasileira atual representa menos de 2% da produção mundial, que no decênio de 2010 a 2019 apresentou uma média de 1.908.834 toneladas (FAOSTAT, 2021), e tem a Índia como maior produtor com cerca de 85 a 90% da produção total.

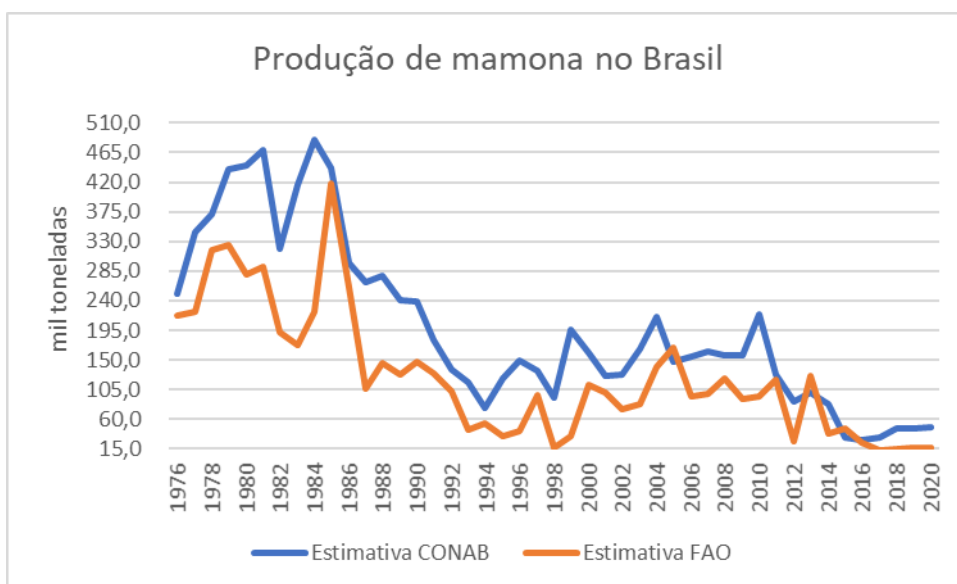


Figura 1. Produção brasileira de mamona segundo o banco de dados da CONAB e segundo banco de dados da FAO



Figura 2. Produção mundial de mamona expressa em mil toneladas segundo o banco de dados da FAO.

A alta concentração da produção na Índia contribui para a variabilidade nos preços do produto e aumenta o risco da indústria química que depende dessa matéria prima. Por exemplo, uma estação seca na principal região produtora da Índia (Estado de Gujarat) pode provocar grande escassez na oferta mundial do produto, com consequente elevação dos preços. Na figura 3 está apresentada a evolução no preço pago (equivalência em dólares) ao produtor de mamona na Bahia entre 2014 e 2021, ilustrando a alta variabilidade. Isto ocorre em função da oscilação na oferta do produto na Índia que concentra a quase totalidade da produção em regiões sujeitas a elevadas oscilações climáticas consequentemente afetando de forma aleatória a disponibilidade mundial de óleo e elevando seu preço. A redução na produção de mamona na Índia no ano de 2016/2017 foi de 26%.

Na figura 3, a conversão dos preços pagos ao produtor na Bahia (em reais) para o dólar corresponde à média mensal da paridade da moeda americana conforme o Banco Central do Brasil. A equivalência cambial é outro fator que interfere na remuneração ao produtor de mamona. A variância para os preços em dólar pagos pela mamona na Bahia ($\delta^2 = 105,6$) é 7,3 vezes maior dos preços da soja no Mato Grosso ($\delta^2 = 14,5$) (Figura 3). A grande oscilação nesta remuneração da mamona é um dos fatores que desincentivam a produção da mamona em larga escala na qual se faria o uso intensivo de tecnologia com altos custos de produção. Essas empresas agrícolas trabalham tradicionalmente vendendo sua produção no mercado futuro com antecedência entre 12 e 36 meses e preços negociados em dólar. Essa estratégia reduz os riscos financeiros e propicia um planejamento

de longo prazo. Neste sentido, o aumento da participação de empresas com alta capacidade de produção depende de maior estabilidade nos preços da mamona ou do estabelecimento de contratos de compra e venda de longo prazo e na moeda de referência (dólar). Esse modelo de negócios permitiria o adequado planejamento para investimento em equipamentos e insumos e a expansão segura da área plantada.

O conceito de estabilização dos preços passa em primeiro lugar no estabelecimento de contratos de compromisso a serem assumidos pelas indústrias farmacêutica e de cosméticos atuantes no mercado com as indústrias extratoras do óleo de mamona localizadas no país estruturando através de parcerias estratégicas um firme e estabilizado mercado interno que garanta o consumo da mamona produzida.

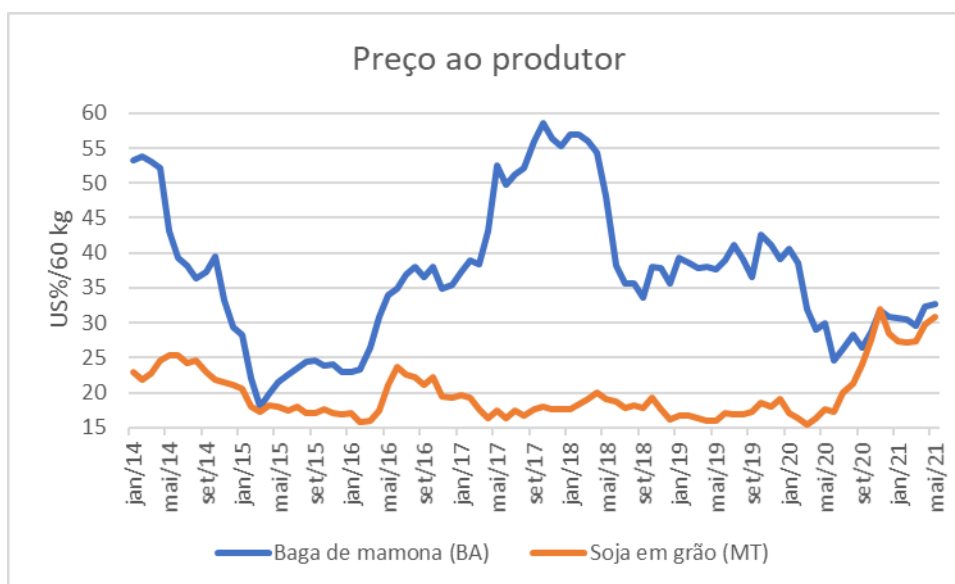


Figura 3. Preço em dólares por saca de 60 kg pago ao produtor para a mamona em Baga na Bahia e para a soja em Mato Grosso segundo o banco de dados da CONAB.

2.2. PERSPECTIVAS PARA A PRODUÇÃO DE MAMONA NO BRASIL

As perspectivas para a evolução da cultura da mamoneira no Brasil indicam potencialmente a coexistência de dois modelos de produção. Um modelo tradicional que já é conhecido e praticado no semiárido nordestino, o qual deve persistir em escala reduzida de produção familiar em inúmeras pequenas unidades produtoras reunidas em cooperativas de produção e outro modelo fundamentado em um novo cenário de produção operado de

forma empresarial, que está sendo adotado na região do Cerrado incluindo MG, GO, MT, MS e também a região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí, Bahia) descrita por Bolfe et al. (2016) que abrange 10 mesorregiões e 31 microrregiões homogêneas (seguindo a antiga definição do IBGE antes da revisão da divisão regional brasileira realizada em 2017) reunindo 337 municípios e uma área total de 73 milhões de hectares dos quais 35% (26 milhões de hectares) apresentam elevado potencial para agricultura intensiva e 22% das terras já são legalmente atribuídas. Projeções indicam que essa região deverá produzir 22,6 milhões de toneladas de grãos no ciclo 2023/2024 ocupando uma área plantada (com grãos) entre 8,4 e 10,9 milhões de hectares ao final do período indicado (BOLFÉ et al., 2016). Nesta região, cerca de cinco milhões de hectares são potenciais para o cultivo da mamoneira e com uso de alta tecnologia pode ser alcançado um rendimento de até 1800 kg/ha. As razões para cultivar a mamoneira na segunda safra naquela região têm relação com a rotação de cultura visando ao controle de nematoides e devido a maior resistência à seca que a cultura apresenta. As condições para o cultivo e colheita mecanizada no modelo empresarial são o desenvolvimento de novos híbridos de mamona com resistência a doenças e pragas, híbridos de ciclo curto de 130 dias ou menos, plantas de porte uniforme e reduzido com até 180 cm de altura, maturação uniforme e indeiscência dos frutos, com elevada produtividade de bagas e alto percentual de óleo nas sementes conforme as definições que Freire et al. (2007) e Pivetta (2014) fizeram para o uso em um sistema de alta tecnologia com colheita mecanizada. Este sistema moderno contrasta com a produção tradicional praticada no semiárido nordestino que apresenta um potencial de exploração de pelo menos 600 mil hectares de terras mapeadas como de aptidão plena ao plantio da oleaginosa, geralmente em consórcio com culturas para produção de alimentos. São consideradas como áreas de aptidão plena aquelas que apresentam simultaneamente temperatura média do ar variando entre 20°C e 30°C, precipitação igual ou superior a 500 mm no período chuvoso e altitude entre 300 e 1500 metros. Nessas áreas de aptidão plena no Nordeste, utilizando a tecnologia recomendada, é possível um rendimento de até duas toneladas de bagas de mamona por hectare com o uso de irrigação (BELTRÃO; CARDOSO, 2004).

2.3. AS CONDIÇÕES PARA UMA BOA PRODUTIVIDADE NO CULTIVO DA MAMONEIRA

Apesar do senso comum de que a planta é resistente à seca e adaptada a solos de pouca fertilidade, a mamoneira apresenta elevada complexidade morfológica e fisiológica (SEVERINO et al, 2012). É uma planta de metabolismo fotossintético C3 com elevada taxa

de respiração e que requer temperatura de conforto de 20 a 30°C (média ideal 28°C), umidade do ar entre 50% e 60% e precipitação ou irrigação de 450 a 600 mm (BELTRÃO, 2002). A mamoneira oferece uma produção comercial viável quando tem disponível uma soma de 2 mil até 3,8 mil graus-dia de temperatura no seu ciclo de produção modulando a proporção de flores femininas com potencial de frutificar (BELTRÃO et al., 2008). A cultura se desenvolve melhor em solos profundos e bem equilibrados nutricionalmente (SEVERINO et al., 2006a; 2006b).

O zoneamento agrícola de risco climático (ZARC) para o cultivo da mamoneira foi atualizado em 2020 pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) e foram estabelecidos dois sistemas de recomendação: um sistema geral para as diferentes regiões do país (ZARC - Mamona) e um específico que considera as peculiaridades climáticas do semiárido nordestino (ZARC- Mamona Semiárido). No primeiro sistema, o planejamento da época ideal de plantio considera as condições ambientais no desenvolvimento vegetativo para evitar a proliferação do mofo cinzento na fase vegetativa e principalmente na fase reprodutiva e de formação e maturação das sementes em função de excesso de umidade e chuvas. O patógeno do mofo cinzento – *Amphobotrys ricini* - acomete inflorescências e cachos e compromete a produção. Foram definidas áreas de plantio de menor risco climático para a cultura, contemplando três níveis de risco: 20%, 30% e 40%, e definidos os melhores períodos de semeadura para mamona no Brasil, buscando reduzir perdas de produção e obter rendimentos mais elevados. Dentre os inúmeros fatores foram considerados: 1) os tipos de solos: textura tipo 1 (arenosa), tipo 2 (média) e tipo 3 (argilosa) cada qual com sua capacidade de água disponível e, 2) a duração do ciclo das cultivares registradas RNC (Registro Nacional de Cultivares) e tendo como base no número de dias da emergência à maturação fisiológica foram estabelecidos 4 grupos (grupo I - ciclo menor que 130 dias, grupo II - ciclo de 131 até 160 dias, grupo III - ciclo de 161 até 190 dias e grupo IV - ciclo acima de 190 dias) e nesses grupos de acordo com características homogêneas foram estabelecidas 4 fases fenológicas (fase I - germinação e emergência, fase II - crescimento e desenvolvimento, fase III - florescimento e enchimento de bagas e fase IV - maturação fisiológica e colheita).

Um importante fator para produtividade é a adoção de cultivares adaptadas para as condições climáticas regionais e o modelo de produção escolhendo dentre as 51 cultivares de mamona registradas no RNC e que tenham sementes disponíveis. No passado, para o nordeste três variedades foram desenvolvidas pela Embrapa (BRS 149 Nordestina, BRS 188

Paraguaçu e BRS Energia). A cultivar BRS Energia apresentava um ciclo de produção curto (de apenas 120 dias) e cerca de 500 mm de água para desenvolver e produzir sementes.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo estimativas internacionais o mercado global de óleo de mamona deve alcançar o valor anual de US\$ 1,72 bilhões até 2025, impulsionado pela indústria química que domina quase um terço do mercado. Este segmento considera o óleo como matéria prima essencial de base biológica e, em consequência disso, a demanda aumenta como alternativa aos produtos químicos originados do petróleo. Um dos principais impulsionadores do mercado é a crescente aplicação de óleo de mamona em cosméticos, hidratantes, sabonetes, medicamentos na forma de agente anti-inflamatório, produtos de higiene pessoal, adesivos de poliuretano, óleo de usinagem e lubrificantes de refrigeração. O mercado global de óleo de mamona atingiu um volume de 817 mil toneladas em 2020 e a estimativa é que o Brasil importou 2,34 mil toneladas de óleo. Porém, este mercado global é prejudicado pela instabilidade dos preços da mamona, resultado da oferta flutuante porque a produção depende das condições climáticas das poucas regiões produtoras em áreas semiáridas do globo. No Brasil existe um potencial agrícola para inserir o cultivo da mamoneira no modelo empresarial de produção visando alcançar a autossuficiência na produção de óleo a ser considerado estrategicamente pela indústria química com selo verde.

4. REFERÊNCIAS

BELTRÃO, N. E. M. **Crescimento e desenvolvimento da mamoneira (*Ricinus communis* L.)**. Campina Grande: Embrapa: CNPA, 2002.

BELTRÃO, N. E. M. **Informações sobre o biodiesel, em especial o feito com o óleo de mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003.

BELTRÃO, N. E. M.; CARDOSO, G. D. **Informações sobre os sistemas de produção utilizados na ricinocultura na região nordeste, em especial o semiárido e outros aspectos ligados à sua cadeia**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.

BELTRÃO, N. E. M.; SEVERINO, L. S.; BRITO, G. G.; LUCENA, A. M. A.; OLIVEIRA, M. I. P. **Produção e Estimativa da Produtividade da Mamona em Função dos seus Componentes**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008.

BOLFE, E. L.; VICTÓRIA, D. C.; CONTINI, E.; BAYMA-SILVA, G.; SPINELLI-ARAÚJO, L.; GOMES, D. Matopiba em crescimento agrícola: Aspectos territoriais e socioeconômicos. **Revista de Política Agrícola**, v. 25, n. 4, p. 38-62, 2016.

CARRINO, L.; VISCONTI, D.; FIORENTINO, N.; FAGNANO, M. Biofuel Production with Castor Bean: A Win-Win Strategy for Marginal Land. **Agronomy**, v. 10, n. 11, p. e1690, 2020.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Safra 2020/21**, v. 8, n. 8, Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/15710-8-levantamento-safra-2020-21>>. Acesso em: 31/05/2021.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Série histórica das safras. Mamona**. Brasília, 2021. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acesso em: 31/05/2021.

FAOSTAT. **Castor Oil Seeds**. United Nations Food and Agriculture Organization. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 31/05/2021.

FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P.; MILANI, M.; NÓBREGA, M. B. de M. **Melhoramento genético**. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. O agronegócio da mamona no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão, Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

LAGO, R. C. A. Castor and jatropha oils: production strategies - A review. **OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids**, v. 16, n. 4, p. 241-247, 2009.

OGUNNIYI, D. S. Castor oil: A vital industrial raw material. **Bioresources Technol**, v. 97, p. 1086-1091, 2006.

PIVETTA, L. G. **Aspectos fisiológicos e produtividade de genótipos de mamona de porte baixo influenciados por densidades de plantas**. (Tese) Doutorado em Agronomia/Agricultura - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

SANTOS, R. F. dos; KOURI, J.; BARROS, M. A. L.; MARQUES, F. M.; FIRMINO, P. T.; REQUIÃO, L. E. G. **Aspectos Econômicos do Agronegócio da Mamona**. In: AZEVEDO, D. M. P. de; BELTRÃO, N. E. de M. O Agronegócio da mamona no Brasil. 2 ed. rev. amp. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2007.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; CASTRO, D. A.; CARDOSO, G. D. Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 563-568, 2006a.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. D. A.; GONDIM, T. M. D. S.; CARDOSO, G. D.; VIRIATO, J. R.; et al. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 879 - 882, 2006b.

SEVERINO, L.S. **Análise do preço diário da mamona entre 2002 e 2008 em Irecê, Bahia**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009.

SEVERINO, L.S.; AULD, D.L.; BALDANZI, M.; CÂNDIDO, M.J.D.; CHEN, G.; CROSBY, W.L.; et al. A Review on the Challenges for Increased Production of Castor. **Agronomy Journal**, v. 104, p. 853–880, 2012.

A RICINOQUÍMICA E O PROCESSAMENTO DOS SUBPRODUTOS POTENCIALMENTE APTOS PARA A ALIMENTAÇÃO DE MONOGÁSTRICOS: CAPÍTULO 2 - PROCESSAMENTO DOS SUBPRODUTOS PARA A ALIMENTAÇÃO DE MONOGÁSTRICOS

Juliana Cláudia Neves de Santana Silva¹, Camila Guedes Valadares², Maria do Carmo
Mohaupt Marques Ludke², Giovani Rotta Bertani³, Adiel Sousa Silva⁴, Jorge Vitor
Ludke⁵

1. Centro Universitário dos Guararapes, PPG - UNIFG, Recife, PE, Brasil;
2. Universidade Federal Rural de Pernambuco, PPG - Zootecnia, Recife, PE, Brasil;
3. Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Bioquímica, Recife, PE, Brasil;
4. BRANDT do Brasil, Petrolina, PE, Brasil;
5. Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC, Brasil.

RESUMO

Neste capítulo estão abordadas questões relativas à composição nutricional dos subprodutos da extração do óleo de mamona e descreve alguns efeitos de processamentos aplicados para inativar fatores tóxicos. A sustentabilidade econômica para a produção da maioria das sementes oleaginosas que chegam às indústrias de processamento/extração é baseada em dois principais produtos: o óleo de alto valor usado para diferentes finalidades e o farelo ou torta que potencialmente pode agregar valor à cadeia produtiva das oleaginosas quando é usado na alimentação animal. No entanto, ao contrário da alta valência do óleo de mamona o farelo somente é usado como fertilizante com efeitos remediadores no solo, muito abaixo de seu valor potencial como uma fonte de proteína para os animais de produção. O farelo de mamona contém compostos bioativos que são um obstáculo para o manejo e uso normal sob forma de ingrediente para ração de monogástricos como a presença de fatores tóxicos (principalmente Ricina), complexo de fatores alergênicos (CB-1A) e, presença de fatores anti-nutricionais a exemplo da alta concentração de fibra bruta. Com adequado tratamento físico-químico os fatores tóxicos e alergênicos podem ser inativados, mas a real efetividade desses processamentos deve ser passível de quantificação para um uso seguro na alimentação animal. No caso específico das aves e dos suínos é importante limitar sob forma de processos mecânicos a presença da fibra bruta no farelo de mamona visando aumentar o potencial de uso nas rações.

Palavras-Chave: Farelo de mamona, frangos de corte, fibra bruta, *Ricinus communis* L. e suínos

ABSTRACT

This chapter addresses issues related to the nutritional composition of the by-products of castor oil extraction and some effects of processes necessary to inactivate toxic factors. The economic sustainability for most oilseeds production that reach the processing/extraction industries is based on two main products: high-value oil used for various purposes and meal or cake that can potentially add value to the oilseed production chain when it is used in animal feed. However, unlike the high valence of castor oil, meal is only used as a fertilizer with remedial effects in the soil, far below its potential value as a protein source for farm animals. Castor bean meal contains bioactive compounds that are an obstacle to the management and normal use in the form of an ingredient for monogastric feed such as the presence of toxic factors (mainly Ricin), complex of allergenic factors (CB-1A) and the presence of anti-nutritional factors such as the high concentration of crude fiber. With adequate physicochemical treatment, toxic and allergenic factors can be inactivated, but the real effectiveness of these processes must be quantified for a safe use in animal feed. In the specific case of swine and poultry, it is important to limit, in the form of mechanical processes, the presence of crude fiber in castor bean meal in order to increase its potential use in feed.

Keywords: Broilers, castor meal, crude fiber, *Ricinus communis* L. and Pigs.

1. INTRODUÇÃO

A extração do óleo da semente de mamona apresenta um rendimento aproximado de 45% e gera como subproduto a torta ou o farelo em proporção variável que se aproxima ou ultrapassa os 50 %. A valorização dos subprodutos é importante para auxiliar na viabilização da cadeia produtiva. O método utilizado para extrair o óleo depende da sua finalidade: extrações por prensagem a frio são usadas para obter óleo medicinal ou farmacêutico (“extrapale”) e o óleo de uso industrial é obtido via prensagem a quente (80 % de óleo industrial do tipo 1) e de forma complementar com extração via solvente (20 % de óleo industrial do tipo 3). As tortas de mamona resultantes dos processos de extração por prensagem ainda contêm alto teor de óleo (torta gorda). Este é extraído de forma eficiente via extração complementar por solvente gerando o farelo de mamona (ou torta magra) com características de composição nutricional diferentes. Os dois principais destinos para o subproduto são o uso como adubo ou como ingrediente de rações para animais. Na forma não processada a torta de mamona em função da sua riqueza em nutrientes e componentes bioativos é utilizada como adubo orgânico e remediador dos solos (LIMA et al., 2011) e o seu preço (quando comercializado a granel) está abaixo do seu valor potencial como ingrediente de rações para monogástricos. Como ingrediente nas rações de animais a torta ou farelo na forma integral sem fracionamento tem função de fornecedora de proteína cuja concentração pode variar de 28 até 42% dependendo da quantidade de fibra e matéria mineral presentes

no subproduto e, também do óleo residual. Além da obrigatoriedade da inativação dos fatores tóxicos e alergênicos quando do uso na alimentação de monogástricos, e considerando o estágio atual das recomendações nutricionais, a complementação das rações com aminoácidos sintéticos é de fundamental importância para o adequado balanceamento nutricional das dietas de monogástricos. Até mesmo quando do uso da torta ou farelo de mamona como adubo existe o problema potencial da intoxicação (através da Ricina) ou de intensa reação alérgica (devido ao fator alergênico CB1A ou família RCA Aglutininas das Albuminas 2S) da mão-de-obra responsável pelo seu manejo durante as várias etapas até a disposição do adubo nas lavouras e plantações (APEN Jr. et al., 1967). A inativação das Ricinas também protege a vida silvestre no entorno das lavouras. Atualmente uma das alternativas de mercado para a torta/farelo de mamona que mais agrega valor é a formulação de adubos organo-minerais balanceados comercializados em embalagens pequenas para uso doméstico em jardinagem. Embora agregue valor, este é um mercado restrito sem capacidade para absorver toda a produção de torta/farelo. Em algumas regiões do país existe demanda pela torta de mamona a granel para uso em adubação de culturas de alto valor agregado em sistemas intensivos no uso dos fatores de produção principalmente em sistemas de produção orgânica (LIMA et al., 2011).

2. MÉTODOS, RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.1. OS FATORES TÓXICOS NO FARELO DE MAMONA

O subproduto gerado na extração do óleo de mamona contém vários fatores tóxicos de relevante importância que, quando mantidos na torta e no farelo, impedem a inclusão destes subprodutos nas rações de animais de produção sobretudo os monogástricos terrestres. Estes fatores são as Ricinas, o fator alergênico CB1-A e a Ricinina. Dois destes fatores são importantes (tradicionalmente conhecidos como Ricina e o fator alergênico CB-1A), pois quando não inativados de forma adequada representam elevado risco para a sobrevivência e/ou prejudicam o desempenho de algumas espécies de animais. Outro fator como a Ricinina, que é um alcalóide, e tem concentração média de 0,23 % na torta e apresenta atuação apenas moderada sobre o organismo dos animais monogástricos se presentes nas rações ingeridas. Em função de estudos de genômica, segundo Lord e

Spooner (2011) considera-se que a família das Ricinas tem dois componentes principais, ambas lectinas, coletivamente conhecidas como RCA II (*Ricinus communis* Aglutinina II ou Ricina) e RCA (ou RCA I - *Ricinus communis* Aglutinina I). Enquanto a Ricina (a RCA II) é uma lectina de ação moderada e toxidez muito elevada a RCA I, ao contrário, é uma potente lectina, porém praticamente é atóxica. A Ricina (RCA II) é uma glicoproteína classificada como lectina e possui toxidez elevada, está presente na concentração de 1 a 5 % (BRADBERRY et al., 2003) ou 6 a 9% (CHIERICE; NETO, 2001) na baga da mamona. No Brasil, segundo relatos, os níveis de Ricina variam entre 1,4% e 4,5% das proteínas totais na semente. Em função da extração do óleo a concentração da Ricina na torta e no farelo pode ser aumentada até duas vezes. Segundo Audi et al. (2005) a toxidez da Ricina presente no farelo depende da via de entrada no organismo: quando ingerida a dose letal média (LD50) é de 30 mg/kg para camundongos, mas este valor de LD50 é 1000 vezes menor quando a Ricina é inalada ou injetada. Nos humanos, em caso de ingestão, a LD50 é de aproximadamente 10 a 20 mg de Ricina por kg de peso vivo. A Ricina apresenta baixa estabilidade térmica e alta solubilidade em água e dessa forma ela pode ser eliminada por processo de cozimento com vapor de água saturado. Segundo CHIERICE e NETO (2001) o fator CB-1A é um composto protéico-sacarídico, não tóxico, porém, com ação altamente alergênica. A concentração do CB1A é de 3 a 6 % na baga da mamona, e por ser termicamente estável, o cozimento do farelo de mamona é realizado e a adição de óxido/hidróxido de cálcio é imprescindível seguido por processo de extrusão via úmida com aplicação de pressão e temperaturas elevadas (entre 130 e 150 °C) durante poucos segundos (HORTON; WILLIAMS, 1989). Da quantidade total do fator CB-1A residual ainda presente no farelo de mamona apenas 0,01 % é absorvido pelo trato digestivo quando ingerido através das rações de animais (THORPE et al., 1988). Youle e Huang (1978) estabeleceram a homologia entre a classe de proteína de reserva denominada 2S-Albumina e o fator alergênico CB1-A nas condições descritas por Spies e Coulson (1964). Outros autores, mais recentemente, afirmaram que o complexo CB-1A contribui com cerca 12,5 % do peso da torta e apresenta cerca de 20 isoformas de proteínas alergênicas com massa molecular entre 10 e 14 kDa dentro da classe das albuminas 2S.

2.2. A FIBRA PRESENTE NOS SUBPRODUTOS

Sob o ponto de vista nutricional a fibra bruta em elevada concentração variando entre 18 e 33% nas tortas e/ou farelos é mais um dos desafios para o uso do ingrediente na

alimentação de aves e suínos. Os diferentes processamentos (cozimento com vapor de água saturada e, na sequência, extrusão via úmida) desde que operados de forma adequada são os descritos na literatura científica como efetivos na inativação dos fatores tóxicos e alergênicos. Porém, em condições operacionais práticas o uso da extrusão é tecnicamente possível apenas quando ingredientes que contenham simultaneamente baixo nível de fibra bruta e alto nível de carboidratos não estruturais são processados. Neste sentido com a presença de alto teor de fibra bruta o processamento do farelo de mamona via autoclave torna-se menos desafiador, mas ainda com alto custo de processamento. Considerando o seu uso potencial na alimentação animal, está bem estabelecido que suínos e aves submetidos a dietas contendo torta ou farelo de mamona não detoxificada têm alta taxa de mortalidade e reduzido ou nenhum ganho de peso. Em função da dinâmica de ingestão e excreção as aves podem se recuperar de intoxicações moderadas a altas de curta duração o que não acontece com suínos que entram em óbito quando intoxicados. Estudos brasileiros desenvolvidos entre 1970 e 1980 e, ainda algumas pesquisas mais recentes, apresentam a torta de mamona como inapta para ser incluída nas rações nutricionalmente balanceadas de suínos, frangos de corte e de poedeiras. O uso da torta de mamona na alimentação de ruminantes foi recentemente, após o ano 2000, avaliado em várias instituições de pesquisa brasileiras. Naqueles estudos, diferentes protocolos de processamento da torta (Embrapa Caprinos e Ovinos, Embrapa Semi-Árido, UFV) foram desenvolvidos e cada proponente considerou satisfatórios os resultados obtidos. Porém, nem todos conseguiram demonstrar elevado desempenho animal mediante a aplicação dos respectivos protocolos de processamento. E, em muitos casos o limite máximo de inclusão nas dietas encontra-se abaixo de 8 % com base na matéria seca.

2.3. COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DA TORTA OU FARELO DE MAMONA

Considerando as particularidades dos processamentos para extração do óleo e as concentrações de nutrientes, a torta e o farelo de mamona são incluídos na categoria dos ingredientes não padronizados. Os principais componentes são a proteína, o óleo residual, os minerais e a fibra. A concentração de proteína bruta (PB) pode variar de 25 a 42 % dependendo do grau de exclusão da casca e da intensidade da extração do óleo. Segundo Akande et al. (2015) cerca de 60 % da PB é composta por globulinas, 20 % por glutelinas, 16 % por albuminas e 4 % por proteases. De acordo com Rostagno et al. (2017) o farelo de mamona apresenta um valor médio de 39,2 % de proteína bruta, 1,55 % de extrato etéreo,

18,5 % de fibra bruta, 6,8 % de matéria mineral e valor de energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio para frangos de corte (EMAn) de 1484 kcal/kg e energia metabolizável para suínos de 2084 kcal/kg. Considerando a nutrição de monogástricos o farelo de mamona é deficiente em lisina e treonina e o balanceamento das dietas deve ser realizado com a adição dos respectivos aminoácidos sintéticos. Rostagno et al. (2017) avaliando a composição do farelo de mamona em aminoácidos essenciais e em conformidade com as demandas estabelecidas para frangos de corte e suínos calcularam que, respectivamente, 44 % e 35,9 % da fração nitrogenada total do ingrediente está presente nestes aminoácidos para atender a essencialidade. O óleo de mamona apresenta, em média, 85 a 95 % de ácido ricinoléico, sendo o restante composto por ácidos graxos não hidroxilados (2 a 6 % de ácido linoleico, 0,5 a 1 % de ácido alfa-linolênico, 0,5 a 1 % de ácido esteárico e 0,5 a 1 % de ácido palmítico). Com esta composição média, as características mais importantes do óleo de mamona dizem respeito a sua solubilidade em etanol e em hexano a quente, alta viscosidade, alta reatividade química, é considerado purgativo e é um óleo secativo que provoca irritação intestinal. Segundo Fuller (1971) o ácido ricinoléico não tem ação purgativa quando misturado com alimentos e a adição de 1 a 5 % nas rações não tem efeito adverso em galinhas. Muitas vezes o óleo de mamona entra como adulterante em até 10 % em óleos comestíveis de maior valor agregado (RAUPP, 1973) sem efeitos colaterais. Diferentes níveis tecnológicos para extração do óleo de mamona resultam em diferentes concentrações de óleo residual presente na torta. A concentração de óleo na torta oriunda da extração mecânica via prensa hidráulica situa-se entre 4% e 8 %, porém quando oriundo de processamento com prensa de eixo helicoidal a torta de mamona mantém entre 3% e 5% de extrato etéreo. Na extração por solvente o farelo apresenta menos de 3% de óleo residual geralmente próximo a 1%. Considerando um potencial de 20 % de inclusão em rações balanceadas de aves e suínos uma torta ou farelo que ainda contenha 8 % de óleo residual apenas aporta cerca de 1 a 2 % de óleo de mamona na dieta o que não resulta em efeitos adversos. A matéria mineral no farelo de mamona varia entre 6 e 8 % e dentre os 18 minerais destaca-se a presença do fósforo em 0,8 a 1,0 %, do potássio em 0,65 % e do cálcio e magnésio em 0,5 % cada.

Segundo os relatos científicos mais recentes foi verificado que na base matéria seca, cerca de 60 % do farelo de mamona é formado por carboidratos (CHOT) e praticamente apenas 5 % são carboidratos não fibrosos (CNF), 55 % são Fibra em Detergente Neutro (FDN). Na fração fibra 37 % são Fibra em Detergente Ácido (FDA), a hemicelulose é estimada em 18%, a lignina (cuja digestibilidade para monogástricos é nula) corresponde a

29% e a celulose é estimada em 9 %. Porém, existe ampla variação nos valores de composição química relatados.

Em pesquisas com utilização da torta ou do farelo de mamona na alimentação animal, os ruminantes têm maior destaque e geralmente é utilizada uma das metodologias de detoxificação descritas por Anandan et al. (2005) com a utilização de óxido de cálcio ou hidróxido de sódio. Araújo et al. (2020) com o objetivo de alimentar caprinos com torta de mamona propuseram dois tratamentos fundamentados em adição de álcalis à torta de mamona. Na tabela 1 é apresentado o detalhamento dos carboidratos avaliados pelos pesquisadores. As tortas de mamona utilizadas no estudo foram obtidas após extração do óleo, por prensagem usando temperaturas entre 90 e 100 °C. Depois de misturar a torta com reagentes e água por 3 horas a mistura foi secada ao sol por dois dias. As concentrações de produtos alcalinos (hidróxidos de cálcio e de sódio) utilizadas para 100% desintoxicação de Ricina na torta de mamona foram 90 g Ca(OH)_2 e 60 g de NaOH por quilograma, respectivamente, que foram diluídos em 2 litros de água. A composição química foi determinada e as concentrações de FDN foram corrigidas para cinzas e nitrogênio conforme proposto por Mertens et al. (2002), e para proteínas de acordo com Licitra et al. (1996). A fração de lignina detergente ácida (LDA) foi extraída com ácido sulfúrico 72% (Van SOEST et al., 1991).

O carboidrato não fibroso (CNF) foi calculado por uma adaptação do método proposto por Hall (2003), utilizando FDN corrigido para cinzas e proteína (FDN_{ap}). O teor de carboidratos totais (CHOT) foi obtido usando a equação proposta por Sniffen et al. (1992) $\text{CHOT} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{Cinzas})$. Os valores determinados ou calculados apresentados na tabela 1 para a torta de mamona estão expressos na base 100 % matéria seca e informam via análise química a distribuição das frações nitrogenadas NIDN (1,605 % de N) e NIDA (0,708 % do N) que podem caracterizar, para ruminantes, a disponibilidade relativa dos compostos nitrogenados. Lacerda (2013) determinou valores de 1,00 % de N para NIDN e 1,32 % de NIDA em amostra de farelo de mamona com 59,55 % de FDN, 42,04 % de FDA e 38,17 % de proteína bruta.

Tabela 1. Caracterização de torta de mamona submetida a dois tratamentos com álcali conforme descrito por Araújo et al. (2020).

Parâmetros avaliados e/ou calculados expressos com base em 100% matéria seca	Processamento	
	*Ca(OH) ₂	**NaOH
MS - Matéria seca, %	90,42	90,48
Matéria orgânica, %	86,77	85,56
Cinzas, %	13,23	14,44
EE - Extrato etéreo, %	5,21	4,75
PB - Proteína bruta, %	31,54	30,90
NIDN – proteína insolúvel em detergente neutro, %	10,03	10,27
NIDA - nitrogênio insolúvel em detergente ácido, %	4,88	4,94
Carboidrato total, % (CHOT = 100 - %PB - %EE - % Cinzas)	50,01	49,26
Carboidrato não fibra, % (CNF = CHOT - FDN)	10,39	13,24
FDN - Fibra detergente neutro, %	48,34	44,35
FDNap - FDN corrigido para cinza e proteína bruta, %	39,62	36,02
¹ Hemicelulose, % (HCL = FDN - FDA)	10,42	5,48
FDA - Fibra detergente ácido, %	37,92	38,87
¹ Celulose, % (CL = FDA - Lignina)	32,85	34,23
LDA – Lignina em detergente ácido, %	5,07	4,64

*Ca(OH)₂ - 0,9 g/kg de MS de Na e 22,25 g/kg de MS de Ca; **NaOH - 29,2 g/kg de MS de Na e 0,63 g/kg de MS de Ca; ¹Valores calculados e tabela adaptada de Araújo et al. (2020).

2.4. AVALIAÇÃO DE PROCESSAMENTOS DA TORTA DE MAMONA

Atualmente existem muitos processos para detoxificação das tortas e dos farelos de mamona (MCKEON et al., 2013), porém ainda não existem métodos padronizados rápidos de baixo custo que os validem. Anandan et al. (2005) nos estudos de controle da concentração da Ricina estabeleceu um nível de 91 % de redução da presença com o uso de solução 0,75 Molar de hidróxido de sódio (3 g/mL) ou com uma solução de cloreto de sódio (3 g/mL) ou, ainda, uma redução de 100 % em solução de óxido de cálcio (3 g/mL) com 40 g/kg em temperatura ambiente por um período de 12 horas. A redução de 100 % também foi obtida com autoclavagem por 60 minutos.

Embora seja possível caracterizar/quantificar a concentração de Ricina e fatores alergênicos, através de diferentes técnicas laboratoriais, a toxidez relativa da Ricina em cada

caso ainda permanece sem ser definida. Foram avaliados cinco diferentes processamentos de subproduto de mamona que foi produzido a partir de um único lote de mesma colheita da mamona da cultivar BRS Nordestina. O procedimento industrial para geração dos diferentes subprodutos de mamona foi desenvolvido em escala piloto em uma unidade extratora de óleos localizada em Pesqueira, PE. As etapas consistiram no cozimento das sementes de mamona via vapor em batelada usando caldeirão industrial, passagem da massa cozida quente por duas prensas mecânicas dispostas sequencialmente com retirada parcial do óleo e submissão da torta resultante em contracorrente ao solvente (etanol usando um catalisador como adjuvante). As prensas utilizadas são idênticas a aquelas usadas para extração de óleo de algodão. Os processamentos dos subprodutos foram: FMA - tratamento que não sofreu lavagem por etanol para retirada do óleo residual da torta e cujo produto foi seco em temperatura de 80°C, sendo denominado este processamento de torta tradicional; FMB - tratamento em que o produto sofreu lavagem por etanol por 20 minutos e recuperação do álcool à temperatura de 80°C e sofreu posterior secagem a 80°C, denominado como processamento normal sem utilização de NaOH; FMD - tratamento em que a torta sofreu lavagem com o álcool por um período de 6 minutos e recuperação do etanol à temperatura de 80°C com a utilização da neutralização por NaOH em concentração de 5% e posterior secagem por dois dias ao sol; FME - tratamento em que a torta sofreu lavagem com álcool durante 6 minutos e recuperação do etanol a temperatura de 80°C com a utilização da neutralização por NaOH em concentração de 5% e posterior processamento por peletização; FMF - tratamento em que a torta sofreu lavagem com álcool por um período de 15 minutos e recuperação do etanol à temperatura de 110°C e sofreu posterior secagem a 110°C. A composição química da torta de mamona (FMA) e dos farelos submetidos ao banho de etanol (FMB, FMD, FME, FMF) está na tabela 2. Observa-se que o banho com etanol independente do tempo de duração conseguiu melhorar a extração de óleo residual, em média em 20,8%, conforme era o objetivo e pode ter sido efetivo para atuar sobre alguns compostos bioativos. Foram observadas variações na composição bromatológica dos ingredientes avaliados para a matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta e cinzas que se devem provavelmente às diferenças em relação aos processamentos (térmico e/ou químico) no qual foram submetidos os farelos de mamona B, D, E, F quando comparados à torta de mamona FMA (sem processamento). Segundo Mottola et al. (1971) podem ocorrer modificações nos constituintes nutricionais do ingrediente ao se utilizar tratamentos térmicos para inativação de fatores antinutricionais. A torta de mamona FMA, apresentou valores satisfatórios na composição química de matéria seca (91,34%), proteína bruta (32,68%) e extrato etéreo

(11,95%). Entretanto, por este não ter recebido tratamento de inativação, é um ingrediente inadequado à alimentação dos monogástricos.

Costa et al. (2009) ao avaliarem um farelo de mamona oriundo da mesma unidade extratora de óleos (processamento semelhante ao farelo de mamona FMB), determinaram os seguintes valores para a composição química: matéria seca de 93,77%, proteína bruta de 30,51%, extrato etéreo de 5,72%, fibra bruta de 43,10% e cinzas de 6,18% sendo diferentes dos encontrados nesta pesquisa. O teor de extrato etéreo do farelo de mamona FMB (10,92%) no presente estudo, foi duas vezes maior dos encontrados por Costa et al. (2009), decorrente da menor eficiência de extração mecânica das duas prensas dispostas em série na unidade extratora de óleos visto que ajustes foram implementados no processamento visando maior preservação das células de prensagem mecânica e visando melhorar o fluxo de massa nestas prensas.

Tabela 2. Identificação de diferentes processamentos da torta de mamona realizada em escala piloto através da extração do óleo via prensa, composição química e valores de energia bruta dos subprodutos expressos na matéria natural.

Parâmetro	Processamentos de subprodutos da extração de óleo de mamona				
	FMA	FMB	FMD	FME	FMF
Uso de solvente (temperatura / tempo, min.)	Não	80°C / 20 min.	80°C / 6 min.	80°C / 6 min.	110°C / 15 min
Uso de NaOH	Não	Não	5 %	5 %	Não
Processamento final	Secagem 80°C	Secagem 80°C	Secagem sol (2 dias)	Peletização	Secagem 110°C
Composição nutricional ¹					
Matéria seca, %	91,34	91,33	90,77	89,45	90,61
Proteína bruta, %	32,68	28,21	29,92	31,02	29,77
Extrato etéreo, %	11,9	10,93	8,44	9,24	9,08
Fibra bruta, %	24,19	26,94	29,72	28,43	27,72
FDN (%)	41,08	45,44	42,68	42,78	47,20
FDA (%)	30,41	33,52	30,99	30,98	36,33
Cinzas, %	5,52	5,90	6,19	6,05	5,85
EB (Kcal/kg)	4884	4757	4680	4734	4700
CMAEB	NA	64,00±4,2	63,77±1,0	65,04±2,0	65,51±1,7

¹Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal, Departamento de Zootecnia da UFRPE; proteína bruta = nitrogênio (via Kjeldahl) x 6,25; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; EB = Energia bruta; CMAEB = Coeficiente de metabolização aparente da energia bruta avaliado com frangos; NA = não avaliado.

As amostras dos subprodutos gerados através dos cinco processamentos foram analisadas no Laboratório de Química e Função de Proteínas e Peptídeos (LQFPP) do Centro de Ciências e Biotecnologia (CBB) na Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) através de técnicas padronizadas de ensaio biológico para toxicidade de Ricina. Para determinar a eficiência dos processamentos aplicados visando inativar os fatores antinutricionais foi utilizado um ensaio biológico com células Vero que tem limite de detecção de Ricina de 10 ng/mL quando é usada uma concentração de $1,6 \times 10^5$ células por ponto de observação. As células Vero (de rim de macaco de pelagem dourada-esverdeada - *Chlorocebus sabaeus*) são caracterizadas como uma linha de células de crescimento contínuo que são aneuplóides e crescem indefinidamente quando em meio de cultura adequado. As células foram cultivadas a 37°C em meio de cultura mínimo essencial de Eagle modificado por Dulbecco/Vogt (Dulbecco's modified Eagle's medium - DMEM) suplementado com 5% soro fetal bovino e penicilina-estreptomicina. Para início da atividade de quantificação da concentração de Ricina as células Vero foram liberadas via tratamento com tripsina (0.5 mg/mL) com EDTA (0.2 mg/mL) e mantidas em solução salina fosfatada tampão (PBS 1X – pH 7,0) por 5 minutos a 37°C. Em cada ponto de observação as células suspensas no meio de cultura foram mantidas a 37°C durante 48 horas. Células incubadas com PBS, pH 7,0, foram usadas como controle negativo e células incubadas em Triton X-100 40 (surfactante não-iônico) foram usadas como controle positivo. Para determinar a toxicidade foi realizado um ensaio de atividade de Lactato Desidrogenase (LHD). A morte celular foi medida usando um kit de detecção de citotoxicidade da Roche após 24 e 48 horas de incubação. O sobrenadante da cultura das células (100 µL) foi colocado em cada ponto de leitura seguido da adição de 100 µL LDH de solução de detecção e incubado na ausência de luz por 30 minutos a temperatura ambiente. A quantificação foi realizada usando uma leitora de microplacas Thermo com absorvância em 490 nm. A citotoxicidade foi calculada seguindo a recomendação pelo fabricante do kit. Cada amostra foi testada em triplicata. As proteínas das amostras dos farelos de mamona dos diferentes processamentos foram extraídas para solução PBS, pH 7,0 (1:4) e a mistura foi agitada por 3 h a 20°C seguida de centrifugação a 12.000 g por 15 minutos. As amostras foram filtradas e incubadas com as células na concentração de 10 µg/mL. Cada incubação foi realizada em triplicata. A morte celular foi estimada através da atividade LDH (Lactato Desidrogenase) liberada. Na figura 1 estão apresentadas as porcentagens de citotoxicidade relativas ao controle positivo Triton X-100 para os diferentes tipos de processamentos dos subprodutos e citotoxicidade entre os

processamentos tomando a torta de mamona - FMA sem processamento adicional como referencial.

Na figura 2 está apresentado o resultado do gel de eletroforese. Estão identificadas com duas setas as bandas referentes às cadeias A e B da Ricina. Como o gel de poliacrilamida em dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE) é um gel desnaturante, pois usa beta-mercaptoetanol, a ponte disulfeto que liga as cadeias é desfeita, e por isso ficam evidenciadas duas bandas de cerca de 32 kDa e 34 kDa ao invés de uma única banda de 60 kDa. O volume de amostra aplicado em cada raia foi o mesmo (15 uL de extrato proteico bruto da torta ou farelos avaliados).

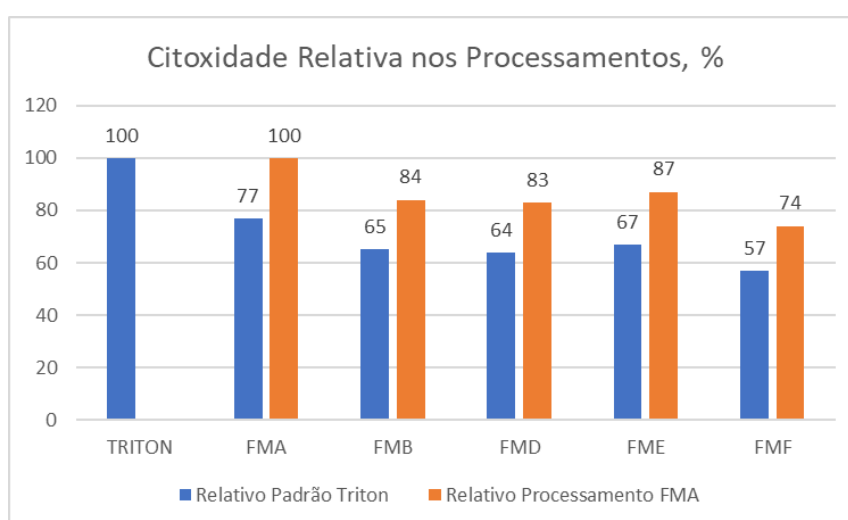


Figura 1. Citotoxicidade relativa para os diferentes tratamentos dos subprodutos de mamona mediante avaliação com células Vero e técnica de concentração de LDH no comparativo com Triton ou referencial FMA torta de mamona sem processamento adicional.

A amostra FMC foi incluída como controle interno do laboratório com perfil conhecido para Ricina. As concentrações de Ricina (% em m/m, gramas por 100 gramas de farelo) avaliadas mediante eletroforese em gel (SDS-PAGE), densitometria e dosagem de proteína total nas bandas de Ricina presentes no gel foram 0,330 para o FMA, 0,399 para o FMB, 0,205 para o FMD, 0,318 para o FME e 0,165 para o FMF.

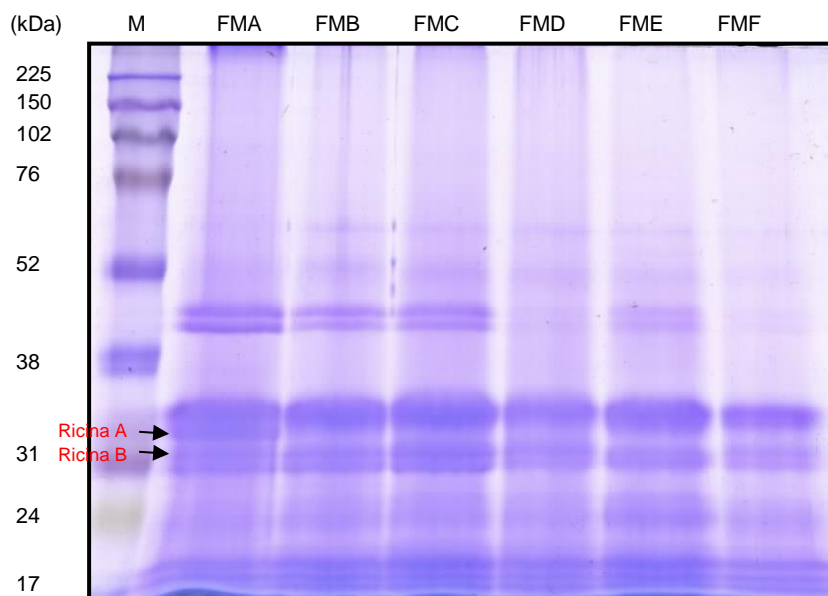


Figura 2. Resultado do gel de eletroforese SDS-PAGE (12%) para processamentos de subprodutos da extração do óleo de mamona (torta - FMA e farelos até FMF) e Coluna M = marcador DNA. Em cada coluna foram carregados 15 microgramas de extrato proteico bruto por amostra.

A correlação entre a citotoxicidade relativa usando células Vero com a dosagem de proteína total nas bandas entre as amostras FMB, FMD, FME, FMF foi de 0,727. Neste sentido verifica-se que a concentração de Ricina total nem sempre acompanha a citotoxicidade, pois existem diferentes níveis de toxidez para as diferentes isoformas de Ricina que são detectadas. Porém, a correlação entre a citotoxicidade relativa e o coeficiente de metabolização aparente da energia bruta (CMAEB) avaliado com frangos de corte apresentado na tabela 1 foi de -0,949 indicando que quanto menor a toxidez relativa avaliada com células Vero tanto maior foi o CMAEB, isto é, o aproveitamento energético do farelo aumentou.

Amostras da torta de mamona (FMA) e dos farelos (FMB, FMD, FME, FMF) submetidos aos diferentes processamentos foram analisadas no Laboratório Avançado de Tecnologia de Química da Embrapa Algodão para determinação da concentração de Ricina conforme apresentado na figura 3. A extração das proteínas dos subprodutos da extração do óleo foi obtida segundo Anandan et al. (2005) e os extratos foram submetidos a cromatografia de exclusão molecular com fase móvel usando o Ácido Trifluoroacético 0,1% (TFA) e na fase estacionária usando o Sephadex G-50. O equipamento utilizado foi o BioLogic LP da Bio-Rad (Hercules, CA, USA). Os extratos foram diluídos duas vezes com 20

mM Tris-HCl, pH 7,5 e aplicado em uma coluna HighQ (Bio-Rad) usando o Sistema Cromatógrafo BioLogic LP da Bio-Rad em taxa de transporte de 3 ml/min a 4°C e leitura em 280 nm. Com esta metodologia são separadas 3 frações proteicas: a) rica em ricina, b) rica em albuminas 2S e, c) rica em peptídeos de baixa massa molecular. A área integrada debaixo da curva representa o valor de concentração calculado.

2.5. METODOLOGIA SIMPLES PARA SEGREGAR A FIBRA DO FARELO DE MAMONA

Foi estabelecida uma rotina de fracionamento do farelo através de segregação granulométrica de modo a estabelecer um ingrediente proteico com baixa concentração de fibra apto para compor as rações de aves e suínos. O farelo foi obtido da linha de produção de uma indústria paulista de extração de óleos por solvente. Diferentes granulometrias foram obtidas usando um agitador mecânico Granutest ao qual foram acopladas nove peneiras e o prato disposto na ordem de maior abertura até a menor abertura e disposição do prato na base. Da maior abertura para a menor foram usadas as peneiras (ABNT) 5, 10, 16, 30, 35, 50, 60, 100, 140 e Prato (base). O agitador foi abastecido com 200 gramas de farelo a ser peneirado e foi regulado para um tempo padrão de dez minutos em cada batelada. Foram realizadas 18 operações de fracionamento. Em cada batelada a quantidade de material retida em cada peneira foi pesada e anotada para o cálculo da porcentagem retida. As frações de cada uma das peneiras foram agrupadas em triplicata (cada uma contendo seis repetições de mesma granulometria). Para cada granulometria foram analisadas a matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), energia bruta (EB), cinzas (CZ), extrato etéreo (EE), cálcio (Ca), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg) e sódio (Na).

A melhor combinação de rendimento e composição nutricional foi obtida com o acumulado que passa na peneira ABNT 30 (abertura de 0,6 mm) contendo 31,56% da amostra original e tendo a seguinte composição nutricional em base natural: MS 90%, PB 57,42%, FB 5,61%, EB 4091 Kcal/kg, CZ 11,72%, EE 1,24%, Ca 0,58%, P 1,25%, K 1,52%, Mg 0,93% e sódio 64 ppm.

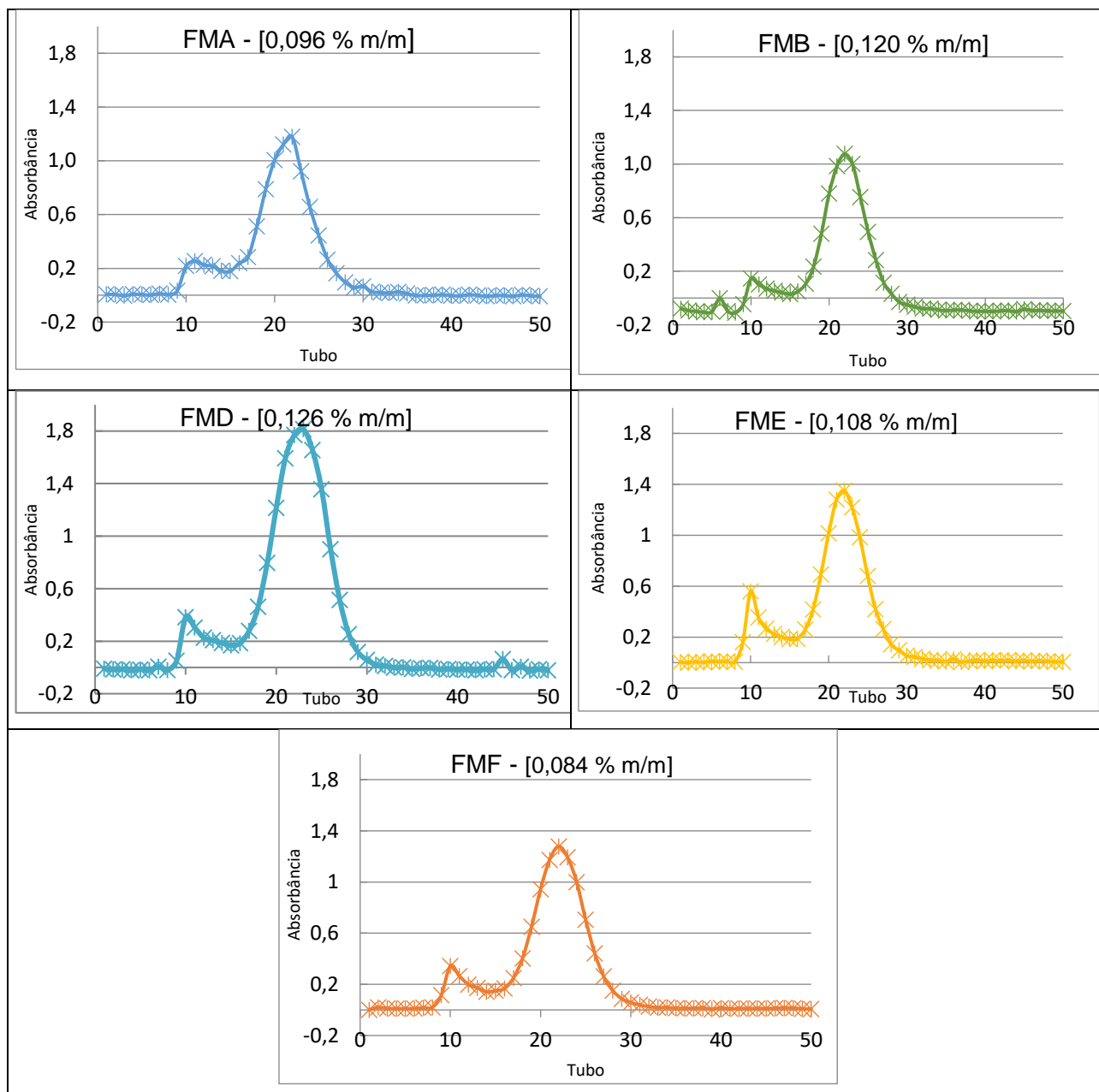


Figura 3. Resultados de concentração de Ricina determinados via cromatografia de exclusão molecular com fase móvel para processamentos de subprodutos da extração do óleo de mamona (torta - FMA e farelos FMB, FMD, FME e FMF).

Através do fracionamento foi possível obter um ingrediente com alto valor proteico e baixo teor de fibra bruta potencialmente adequado para aves e suínos. Lacerda (2013) triturou previamente uma amostra de farelo de mamona oriunda da mesma indústria de extração de óleos por solvente localizada em São Paulo e, na sequência separou as frações usando diferentes aberturas de peneira classificando o acumulado que passou na peneira ABNT/ASTM 50 (com abertura de 0,3 mm) e obteve 52,13% de rendimento da amostra original com MS 92,85 %, Cinzas 14,82 %, EE 3,11 %, PB 49,26 % e FB 11,57 %. Assim

através de diferentes técnicas de fracionamento é possível obter um rendimento pré-determinado do ingrediente para rações de monogástricos com composição nutricional específica dando ênfase para baixa concentração de fibra bruta.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entre os inúmeros processamentos para inativar a Ricina e fatores alergênicos da torta ou farelo de mamona os que apresentam maior potencial de êxito são os tratamentos com álcali que conseguem atingir um pH acima de 11 no substrato. Quando complementados com tratamento térmico em autoclave é possível obter 100 % de redução nos fatores tóxicos e alergênicos. A adição de álcali aumenta a concentração de sódio ou de cálcio para valores acima do que é recomendado como nível nutricional adequado aos animais. Neste sentido a dose ótima de combinação de óxido de cálcio, hidróxidos de sódio e potássio precisa ser avaliada em condições de autoclavagem para obter segurança na inocuidade do ingrediente. A técnica de fracionamento para reduzir a presença de fibra e aumentar o teor de proteína é viável a nível industrial. A ampla disponibilidade comercial dos aminoácidos sintéticos mais limitantes nas dietas das aves e suínos permite que o farelo de mamona de baixa fibra possa substituir o farelo de soja com vantagens econômicas.

4. REFERÊNCIAS

AKANDE, T. O.; ODUNSI, A. A.; AKINFALA, E. O. A review of nutritional and toxicological implications of castor bean (*Ricinus communis* L.) meal in animal feeding systems. **J Anim Physiol Anim Nutr**, v. 100, p. 201-210, 2015.

ANANDAN, S.; KUMAR, A.G.K.; GHOSH, J.K.S. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, n.1, p.159-168, 2005.

APEN JR., E. M.; COOPER, W. C.; HORTON, R. J. M.; SCHEEL, L. D. **Health aspects of castor bean dust - Review and bibliography**. Cincinnati, Ohio: U. S. Department of Health, Education, and Welfare, 1967.

ARAÚJO, R. A.; POMPEU, R. C. F. F.; CÂNDIDO, M. J. D.; ROGÉRIO, M. C. P.; et al. Detoxified castor in the diets of dairy goats: I. Effects on intake, digestibility, and renal and hepatic parameters. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, p. e20190141, 2020.

- AUDI, J.; BELSON, M.; PATEL, M.; SCHIER, J.; et al. Ricin Poisoning - A comprehensive review. **Journal of American Medical Association**, v. 294, n. 18, p. 2342-2351, 2005.
- BRADBERRY, S.M.; DICKERS, K.J.; RICE, P.; GRIFFITHS, G. D.; et al. Ricin poisoning. **Toxicological Review**, v. 22, n. 1, p. 65-70, 2003.
- CHIERICE, G.; NETO, S.C. **Aplicação industrial do óleo**. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. O agronegócio da mamona no Brasil. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2001.
- COSTA, A. A. G.; LUDKE, M. C. M. M.; LUDKE, J. V.; COSTA, W.M.; et al. Digestibilidade de nutrientes do farelo de mamona pelo método de dissecação em tilápia do Nilo. **Jornada de Ensino Pesquisa e Extensão (JEPEX)**, Recife, 2009.
- FULLER, G., WALKER, H.G., MOTTOLA, A.C. KUZMICKY, D. D.; et al. Potential for detoxified castor meal. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 48, p. 616–618, 1971.
- HALL, M. B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 3226-3232, 2003.
- HORTON, J.; WILLIAMS, M.A. A cooker-extruder for deallergenation of castor bean meal. **The Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 66, n. 2, p. 227-231, 1989.
- LACERDA, R. S. **Caracterização química, bioquímica, e fisico-química da torta de mamona para seu aproveitamento na produção de material biodegradável e na alimentação animal**. (Tese) Doutorado - Universidade de São Paulo, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, FZEA - USP, Pirassununga, SP, 2013.
- LICITRA, G.; HERNANDES, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardizations of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standartization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, p. 347-358, 1996.
- LIMA, R. L.; SEVERINO, L. S.; SAMPAIO, L. R.; SOFIATTI, V.; et al. Blends of castor meal and castor husks for optimized use as organic fertilizer. **Ind. Crop. Prod.** v. 33, p. 364-368, 2011.
- LORD, J. M.; SPOONER, R. A. Ricin Trafficking in Plant and Mammalian Cells. **Toxins**, v. 3, p. 787-801, 2011.
- MCKEON, T. A.; SHIM, K. B.; HE, X. Reducing the toxicity of castor seed meal through processing treatments. **Biocatal Agric Biotechnol**, v. 2, p. 159-161, 2013,
- MERTENS, D. R.; ALLEN, M.; CARMANY, J.; CLEGG, J.; et al. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, n. 6, p. 1217-1240, 2002.
- MOTTOLA, A.C.; MACKEY, B.; HERRING, V. Castor meal antigen deactivation pilot plant steam process. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 48, p. 510-513, 1971.
- RAUPP, D. S. **Redução da atividade alergênica do farelo industrial de mamona (*Ricinus communis* L.) por processos químicos-hidrotérmicos**. (Dissertação) Mestrado em

Ciências de Alimentos - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, FEAA - UNICAMP, Campinas, SP, 1983.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2017.

SNIFFEN C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.

SPIES, J. R.; COULSON, E. J. The Chemistry of Allergens: XVI. Ion exchange fractionation of the castor bean allergen, CB-1A, and antigenic specificity. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 239, n. 6, p. 1818-1827, 1964.

THORPE, S. C.; KEMENY, D. M.; PANZANI, R. C.; MCGURL, M. L.; et al. Allergy to castor bean. II - Identification of the major allergen in castor bean seeds. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 77, n. 3, p. 67-72, 1988.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

YOULE, R.; HUANG, A. H. C. Albumin Storage Proteins in the Protein Bodies of Castor Bean. **Plant Physiology**, v. 61, n. 1, p. 13-16, 1978.

ESTERCO AVÍCOLA COMO ALTERNATIVA DE ADUBAÇÃO DE PLANTIO NA CULTURA DE MILHO

Camila Ferreira Martins Freire¹, Josimar Batista Ferreira², José Genivaldo do Vale Moreira², Luan de Oliveira Nascimento³ e Romáina Idayara Silva de Araújo⁴

1. Universidade Federal do Acre (UFAC), Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Rio Branco, Acre, Brasil;
2. Universidade Federal do Acre (UFAC) Rio Branco, Acre, Brasil;
3. Universidade Federal do Acre (UFAC), Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Rio Branco, Acre, Brasil.
4. Universidade Federal do Acre (UFAC), Programa de Pós-Graduação em Ciência Inovação e Tecnologia para a Amazônia, Rio Branco, Acre, Brasil.

RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito de diferentes doses de esterco de galinha poedeira na presença ou ausência de adubo químico, sobre o desenvolvimento vegetativo e a produtividade do milho. O delineamento experimental foi em bloco casualizados com parcelas subdivididas, e os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 2 x 5 com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído da presença ou ausência do fertilizante químico aplicados nas subparcelas com doses de 120, 80 e 60 kg⁻¹ de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente, aplicados na semeadura e em cobertura, e para o segundo fator foi considerado cinco doses de esterco orgânico (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 t ha⁻¹). Foram avaliadas nos estádios V2, V6 e VT as características de crescimento e na fase reprodutiva as avaliações de produtividade. Os resultados obtidos indicam que o tratamento na presença de adubação química proporcionou aumentos significativos na altura da planta nas fases V2 e V6. A altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo não apresentaram significâncias para os fatores, mas alcançaram médias maiores na presença da adubação química. Para os componentes de produção não foram observadas significâncias para população final de plantas, população final de espigas, diâmetro da espiga, comprimento da espiga, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos, peso da espiga com e sem palha, porém, no rendimento houve uma tendência de aumento com o aumento das doses de esterco de galinha poedeira na presença da adubação química com as doses 7,5 e 10,0 t ha⁻¹.

Palavras-chave: Produtividade, Adubação orgânica e Esterco de galinha poedeira.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of different doses of laying chicken manure in the presence or absence of chemical fertilizer, on the vegetative development and productivity of corn. The experimental design was a randomized block with subdivided plots, and the treatments were distributed in a 2 x 5 factorial scheme with four replications. The first

factor consisted of the presence or absence of chemical fertilizer applied to the subplots with doses of 120, 80 and 60 kg⁻¹ of nitrogen, phosphorus and potassium, respectively, applied at sowing and covering, and the second factor was considered five doses of organic manure (0; 2,5; 5,0; 7,5 and 10,0 t ha⁻¹). Growth characteristics were evaluated at stages V2, V6 and VT and productivity evaluations in the reproductive phase. The results obtained indicate that the treatment in the presence of chemical fertilization provided significant increases in plant height in phases V2 and V6. The height of the ear insertion and stem diameter did not show significance for the factors, but reached higher averages in the presence of chemical fertilization. For the production components, no significance was observed for final plant population, final ear population, ear diameter, ear length, number of grains per ear, mass of 100 grains, ear weight with and without straw, however, in the yield there was a tendency to increase with the increase of laying chicken manure doses in the presence of chemical fertilization with doses 7,5 and 10,0 t ha⁻¹.

Keywords: Productivity, Organic fertilization and Laying chicken manure.

1. INTRODUÇÃO

A cultura de milho (*Zea mays* L.) nos últimos anos, no Brasil, sofreu importantes mudanças em termos de produtividade e área cultivada que lhes proporcionaram consideráveis aumentos no setor agrícola. O incremento pode ser explicado pelo nível tecnológico destinado à cultura. Questões técnicas, como a otimização de insumos agrícolas e tecnologias de precisão, controle de pragas e doenças, plantio direto e biotecnologia, possibilitaram resultados positivos, colocando a qualidade dos grãos como centro das atenções em programas avançados de produção agrícola (VOGT, 2005; MACHADO et al., 2009; GRIGULO et al., 2011; MALAFAIA et al., 2015; GIUNTI, 2016).

Devido ao seu alto grau de domesticação, o milho é cultivado praticamente em todas as regiões do mundo (NASS et al., 2000). A importância desse cereal não se limita apenas ao fato de ser produzido em grande volume e sobre imensa área cultivada, mas, também, pelo papel sócio econômico que representa. Sendo usado diretamente na alimentação animal e humano constituindo matéria-prima básica para uma série de produtos industrializados, criando e movimentando grandes complexos industriais e milhares de empregos (MUNDSTOCK, 1977; SILVA et al., 1999; ALMEIDA et al., 2000).

O milho é o segundo grão mais cultivado e exportado mundialmente, perdendo apenas para a soja (CONAB, 2019). No ano de 2017, o Brasil produziu mais de um bilhão de toneladas agrícolas, desses, 97,84 milhões foram de milho, a safra de 2018/2019 alcançou números de 236,7 milhões de toneladas (CONAB, 2018). Para o levantamento da safra de grãos 2019/2020 estima-se que a produção brasileira deve obter cerca de 245,8 milhões de

toneladas, o que representa um aumento de 1,6% ou 3,9 milhões de toneladas, comparadas a safra 2018/2019 (CONAB, 2019).

O Brasil apresenta uma grande variabilidade nas suas condições produtivas, este fato está atribuído às condições climáticas presentes em seu território. As relações entre o balanço hídrico, a temperatura e a umidade do ar, influenciam conjuntamente na produtividade do milho (FARIAS, 2013).

O uso integral e racional de todos os recursos disponíveis dentro da propriedade rural, com a introdução de novos componentes tecnológicos, aumenta a estabilidade dos sistemas de produção existentes, bem como maximiza a eficiência dos mesmos, reduzindo custo e melhorando a produtividade. Das tecnologias disponíveis, a adubação tem sido classificada como uma das mais importantes para o aumento da produtividade das lavouras de milho (SCHERER, 2000; SILVA et al., 2002; KONZEN, 2003; GOMES et al., 2005; BRITO et al., 2005; ARAÚJO et al., 2008; PAULETTI et al., 2008).

A utilização de fertilizantes químicos na produção de milho é bastante difundida nas propriedades agrícolas, porém o alto custo das matérias primas utilizadas na fabricação de formulados é um dos problemas enfrentados pelos pequenos produtores rurais. Com a degradação cada vez maior dos solos e a baixa fertilidade das áreas cultivadas, alternativas para aumentar a produtividade do milho tem sido utilizadas, ajudando assim a aumentar a vida útil do solo e a não empobrecê-lo, como acontece quando se utilizam apenas adubos químicos ao longo de anos de cultivo (ANDREOLA et al., 2000; SILVA et al., 2007).

O aumento no nível de produtividade pode ser obtido com um maior aporte de nutrientes no solo garantindo as plantas o atendimento de suas necessidades. A adubação orgânica supre as plantas com nutrientes essenciais quando aplicada em doses adequadas possibilitando a alta produtividade e a estabilidade da cultura (CANCELLIER et al., 2010).

O esterco de galinha podeira caracteriza-se como um resíduo rico em Nitrogênio destacando-se dos outros tipos de resíduos animais, ele é eficiente por conter um alto teor de nutrientes e matéria orgânica que são essenciais para as plantas, beneficiando as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, podendo suprir, parcial ou totalmente, o fertilizante químico na produção de grãos (MORAES et al., 2006; FIGUEROA, 2012; FOGEL et al., 2013).

No estado do Acre a safra 2018/2019 teve forte redução de área plantada estimada em 31 mil hectares e com rendimento de 2.360 kg ha⁻¹. É de grande importância avaliar práticas culturais que aumente a produtividade sem que a cultura sofra danos fisiológicos. Assim, os produtores da região do Estado do Acre serão beneficiados com métodos que

aumentem a produção de grãos. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar a o efeito de diferentes doses de esterco de galinha poedeira na presença ou ausência de adubo químico, sobre o desenvolvimento vegetativo e a produtividade do milho.

2. MATERIAIS E MÉTODO

O experimento foi conduzido de novembro de 2018 a fevereiro de 2019 durante a safra agrícola 2018/2019, na área experimental da Fazenda São João, no município de Senador Guimard, BR 317, Km 57 (Estrada para Boca do Acre- AM), Estado do Acre, Situada a 09° 50,9' S e 67° 26,4' W *in datum* WGS84, com altitude de 190m. O solo da área utilizada é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico de textura média a argilosa, o qual foi ocupado por floresta equatorial densa, sendo constituída por árvores verdes, com folhas largas e troncos delgados (RODRIGUES et al., 2003).

Dados da análise do solo, na camada de 0-0,2m foram coletados antes da instalação do experimento, cujos resultados foram: pH (H²O) 5,4; pH (CaCl₂) 4,6; 45,53 mg dm³ de K; 10,4 mg dm³ de P; 1,30 mg dm³ de Ca; 0,30 mg dm³ de Mg; 0,25 cmolc dm³ de Al; 3,35 cmolc dm³ de H; 1,92 cmolc dm³ de S; 5,52 cmol dm³; 34,78% de saturação de bases e 20,06 g dm³ de matéria orgânica.

O delineamento experimental foi em bloco casualizados com parcelas subdivididas, e os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 2 x 5 com quatro repetições. Constatando de um primeiro fator considerando a presença ou ausência do fertilizante químico, onde nesses foram submetidas doses de 120, 80 e 60 kg⁻¹ de NPK, respectivamente. O segundo fator foi constituído de cinco doses de esterco orgânico (0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10 t ha⁻¹), neste caso, utilizando somente o esterco de galinha poedeira como fonte de nutrientes, sendo aplicados em toda parcela.

O híbrido utilizado foi o AG 7088 PRO 3, com densidade de semeadura de 58,823 plantas ha⁻¹ no espaçamento entre linhas de 0,85 m, e entre plantas de 0,20 m. Cada parcela foi constituída de 6 fileiras com 5 m de comprimento, a área total de cada parcela foi composta por 5 m de comprimento e 5,12 m de largura, totalizando 25,6 m². A parcela foi dividida em subparcela com 12,8 m², contendo três linhas cada subparcela. No entanto foram consideradas para avaliação apenas a linha central.

As doses de composto orgânico foram aplicadas apenas no dia do plantio manualmente a lanço. Enquanto que o tratamento químico (NPK) foi aplicado no sulco de

plantio (linha de semeadura) e em adubações de cobertura incorporados na área total da parcela.

Com relação às avaliações realizadas foram escolhidas aleatoriamente 10 amostras em cada subparcela para todas as variáveis, determinando: A altura da planta aos 30,60 e 90 DAE, medindo-se da superfície do solo até a base da folha bandeira com auxílio de uma trena. Determinou-se a altura de inserção da espiga, medindo-se da distância entre a superfície do solo e o ponto de inserção da espiga mais elevada. O diâmetro do colmo foi mensurado com auxílio de um paquímetro, medindo-se o diâmetro de 10 plantas dentro de cada parcela.

Para os componentes de produtividade: O número total de plantas, onde todas as plantas da área útil de cada subparcela foram contadas e posteriormente foi extrapolado para um total de plantas por hectare. Determinou-se o número total de espigas colhendo-se todas as espigas da área útil de cada subparcela para extrapolar um total de plantas por hectare. Para a massa de 100 grãos todos os grãos tiveram a massa medida por meio de uma balança de precisão (0,01 g) e a determinação do teor de água, possibilitando estimar a massa dos grãos corrigida para 13% de umidade. Por fim, o rendimento dos grãos foi obtido a partir da debulha e medida da massa (kg) dos grãos oriundos de todas as espigas colhidas na área útil da subparcela, o qual foi corrigido para o teor de umidade 13%.

Os dados obtidos para os componentes da produção foram submetidos à análise de variância. Para comparação entre as doses e os tratamentos, realizou-se o teste de Scott-Knott a 5% utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2011). Os dados de desenvolvimento e de produtividade foram submetidos à análise de regressão em função das diferentes doses de esterco de galinha poedeira e da presença ou ausência de adubo químico tendo como critério para a escolha do modelo a magnitude de R^2 das equações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na avaliação de crescimento vegetativo das plantas indicam que não houve interação significativa ($p > 0,05$) entre os fatores para altura de plantas na fase VT, inserção da espiga e diâmetro do colmo. Todavia, foram observadas significâncias somente na altura das plantas nos estádios V2 e V6, como apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Valores médios de altura da planta avaliados aos 30 DAE, 60 DAE, 90 DAE, altura de inserção da espiga (AE) e diâmetro do colmo (DC).

TRATAMENTOS	30 DAE	60 DAE	90 DAE	AE	DC
Orgânico	38,06 b	128,36 b	210,24 a	108,13 a	20,05 a
Orgânico+Químico	45,75 a	156,07 a	216,80 a	111,57 a	20,23 a
DO	38,91 a	125,68 b	204,43 a	108,01 a	19,10 a
D1	44,28 a	145,08 a	218,56 a	112,67 a	20,37 a
D3	40,71 a	145,30 a	213,08 a	106,71 a	20,41 a
D4	44,31 a	143,16 a	214,23 a	109,53 a	20,44 a
D5	41,31 a	151,86 a	217,30 a	112,33 a	20,38 a
CV	12,98%	9,17 %	5,0 %	5,73%	6,09%

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha, não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Pôde-se observar que o tratamento na presença do adubo químico proporcionou os maiores valores para estas variáveis de desenvolvimento, em função da sua pronta disponibilidade da formulação utilizada e da complementação com o esterco de galinha poedeira, conseqüentemente, ocorreu aumento na quantidade de nutrientes disponíveis, resultando em resposta positiva da cultura para estes componentes.

No tratamento orgânico observou-se uma tendência de aumento nos valores com o aumento das doses de esterco de galinha poedeira sendo obtidas maiores médias nas parcelas que receberam 7,5 e 10,0 t ha⁻¹ de esterco.

A altura média das plantas de milho aos 30 DAE foi modificada pelo sistema de adubação, sendo que a presença da adubação química produziu plantas com altura média de 45,75 cm maior do que apenas utilizando a adubação orgânica com 38,06 cm. As diferentes doses apresentaram alturas estatisticamente semelhantes quando comparadas pelo teste de Scott-Knott considerando o valor nominal de 5% de significância (Tabela 1).

As regressões revelaram efeito positivo e linear de todas as doses de esterco nas duas condições de ausência e presença da adubação química no crescimento da altura de plantas, indicando que o modelo linear explica em média 50% do crescimento da altura de plantas nas doses de esterco na presença e ausência de adubação química.

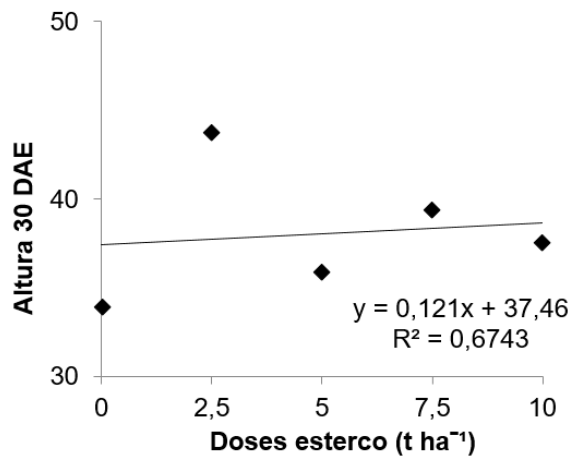


Figura 1. Altura da planta de milho aos 30 dias após a emergência na ausência de adubação química.

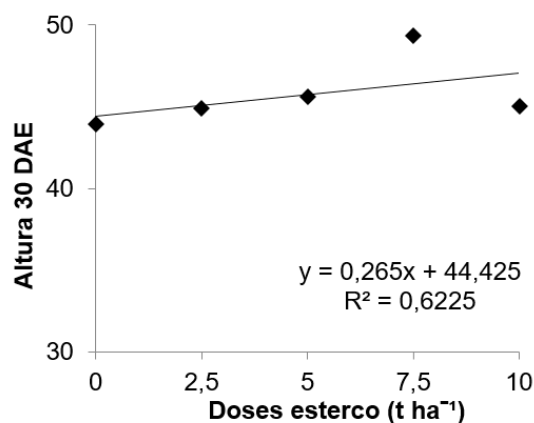


Figura 2. Altura da planta de milho aos 30 dias após a emergência na presença de adubação química.

As regressões revelaram efeito positivo e linear de todas as doses de esterco nas duas condições de ausência e presença da adubação química no crescimento da altura de plantas, indicando que o modelo linear explica em média 50% do crescimento da altura de plantas nas doses de esterco na presença e ausência de adubação química.

Considerando as médias dos tratamentos adubados com esterco, o tratamento na presença da adubação química apresentou os maiores coeficientes de regressão. Este valor supõe que, para este tratamento, os altos valores do coeficiente de determinação (R^2), comprovam que a equação linear é adequada para prever a resposta do crescimento de planta em relação aos tratamentos utilizados.

Segundo Albuquerque et al. (2013), a influência do ambiente e as características genéticas da planta estão diretamente ligadas a variável altura da planta. Silva et al. (2004)

avaliando doses de esterco em cultivar de milho, observaram crescimento linear para altura de planta na cultivar AG-9012.

Aos 60 DAE os resultados experimentais nos permitem concluir o tratamento com a presença do adubo químico obteve altura média de 156,07 cm superando os valores médios do tratamento na ausência de adubo químico com 128,36 cm (Tabela 1). Os dados se ajustaram ao modelo de regressão linear, constatando-se a elevação dos valores de crescimento da planta de milho conforme incremento da dose de composto orgânico adicionado ao solo, sendo 7,5 t ha⁻¹ e 10 t ha⁻¹ as quantidades de composto que em que se verificaram o valor máximo para altura da planta aos 60 DAE na ausência de adubação química. Na presença da adubação química o efeito linear constatou que as doses 2,5; 5,0 e 10 t ha⁻¹ verificaram valores máximos para altura da planta aos 60 DAE (Figura 3).

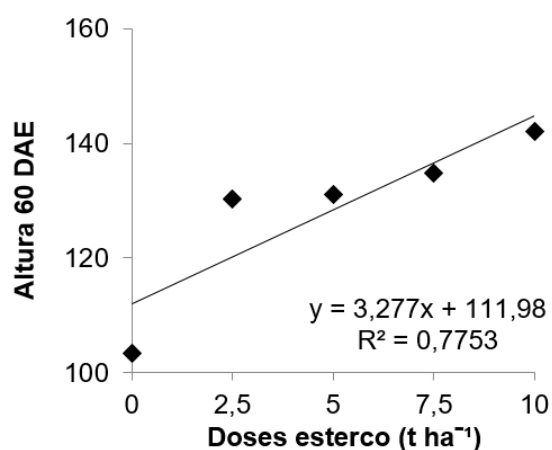


Figura 3. Altura da planta aos 60 dias após a emergência na ausência de adubação química.

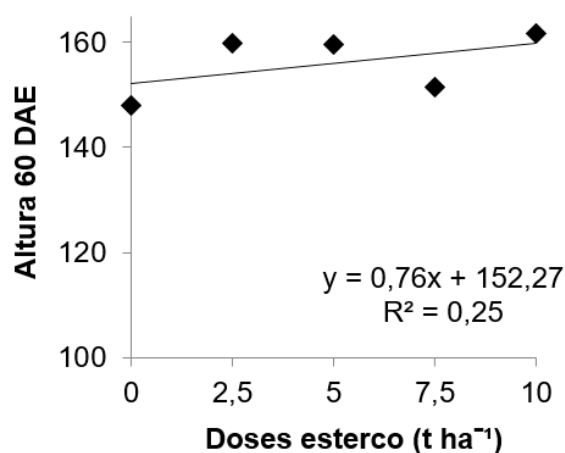


Figura 4. Altura da planta aos 60 dias após a emergência na presença de adubação química.

Araújo et al. 2019 avaliou o efeito do emprego da adubação verde, composto orgânico e adubo mineral na produção de milho observou que os dados se ajustaram ao modelo linear de regressão polinomial, constatando-se elevação dos valores de crescimento da planta de milho conforme incremento da dose de composto orgânico de esterco de Guandu adicionada ao solo, sendo $1,79 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ a quantidade de composto em que se verificaram o valor máximo para altura de planta aos 60 DAE com altura média de 1,79 m.

Para altura da planta aos 90 DAE taxa do crescimento de plantas em função da adubação com esterco de galinha poedeira na ausência de adubação química foi de $0,65 \text{ cm}$ a cada tonelada de esterco aplicada, indicando as doses de 2,5; 7,5 e 10 t ha^{-1} como as responsáveis pelas alturas máximas (Figura 5).

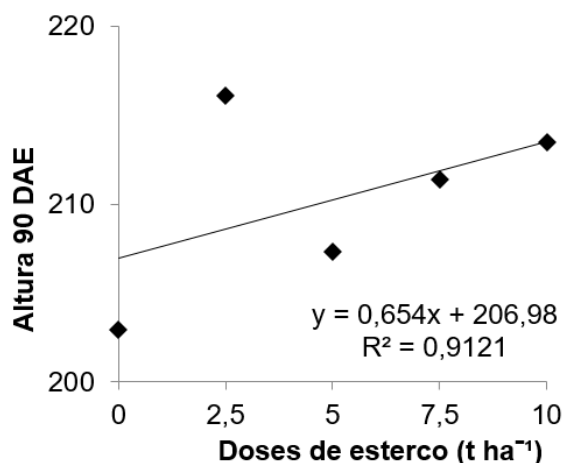


Figura 5. Altura da planta aos 90 dias após a emergência na ausência de adubação química.

Enquanto onde houve aplicação de adubação química na semeadura e na cobertura a taxa de crescimento da altura de plantas a partir da dose $0,0 \text{ t ha}^{-1}$ de esterco que corresponde a $205,92 \text{ cm}$ foi de $1,05 \text{ cm}$ por cada tonelada de esterco aplicada, indicando que a presença da aplicação de adubação química proporciona maiores taxas de aumento na altura final da planta (Figura 6).

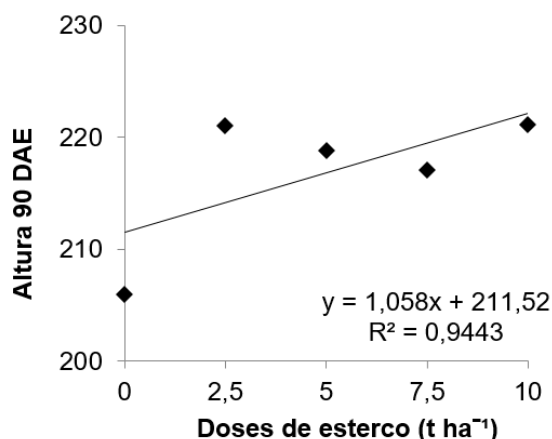


Figura 6. Altura da planta aos 90 dias após a emergência na presença de adubação química.

Campos et al. (2017) registrou média de 2,1 m para altura final de plantas de milho adubadas com doses de esterco de galinha poedeira, valor este que se assemelha com os encontrados neste trabalho, estando de acordo com a altura desse cultivar, que varia de 2,00 a 2,30 m. Já Silva et al. (2013), afirma que essa variável é favorecida pela adição de doses de cama poedeira.

Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) entre as variáveis: Altura inserção da espiga e diâmetro do colmo. Observou-se comportamento linear crescente para o diâmetro do colmo, o que implica dizer que para o tratamento utilizando apenas adubação orgânica as médias são estatisticamente semelhantes, onde as doses de 2,5; 5,0 e 10 t ha⁻¹ foram as que obtiveram resultados mais expressivos com crescimento médio variando de 20,20 a 20,26 mm, em contrapartida a dose testemunha obteve a menor média com 19,50 mm. A maior média foi obtida com a dose 7,5 t ha⁻¹ com 20,83 mm de diâmetro no tratamento na presença de adubação química, dentro da normalidade para o milho, que varia de 20-22 mm (Figura 7 e 8).

Para a altura de inserção da espiga, constatou-se média de 1,08 m para o tratamento na ausência de adubo químico e o tratamento na presença de adubo químico obteve médias de 1,11 m para a variável. As médias ficaram dentro da altura de espiga da variedade utilizada, que varia de 1,00 a 1,15 m (Tabela 1).

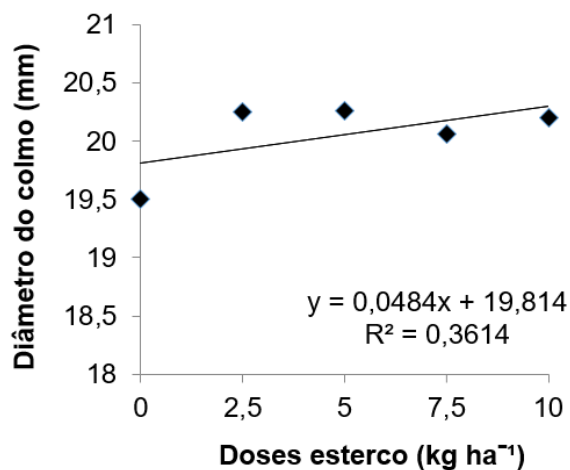


Figura 7. Diâmetro do colmo na ausência de adubação química.

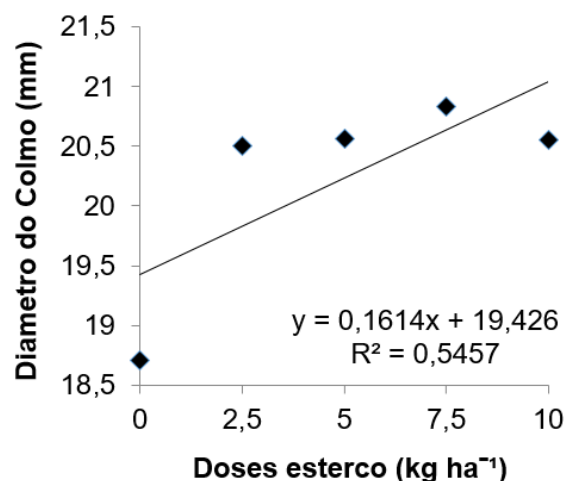


Figura 8. Diâmetro do colmo na presença da adubação química.

Houve efeito linear sobre a altura da primeira espiga, o tratamento na ausência de adubação química os resultados foram estatisticamente semelhantes em suas médias. A dose de 5,0 t ha⁻¹ atingiu resultados menos satisfatórios de altura da primeira espiga com 1,03 m, já a dose 2,5 t ha⁻¹ teve a maior média com 1,11 m (Figura 9).

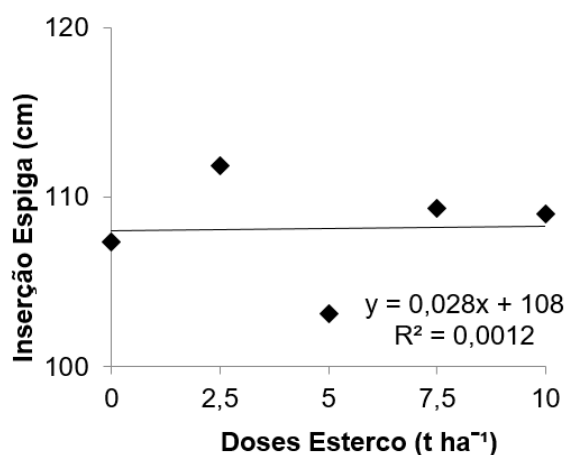


Figura 9. Inserção da espiga na ausência de adubação química.

Na presença de adubação química as médias também foram semelhantes nas diferentes doses, sendo a dose testemunha a que alcançou a menor média de crescimento com 1,08 m e a maior média ficou com a dose 10 t ha¹ com valor de 1,15 m (Figura 10).

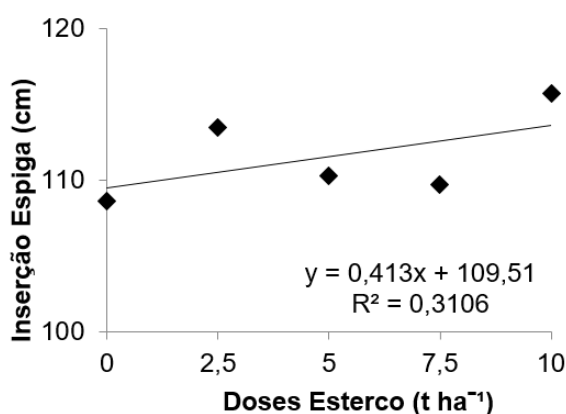


Figura 10. Inserção da espiga na presença da adubação química.

Sangoi et al. (2012) falam que quando se trata das variáveis altura da planta e inserção da espiga a cultura de milho é influenciada diretamente pela quantidade e qualidade de luz, a ausência de alta luminosidade solar provoca o estiolamento da planta, causando um desenvolvimento anormal. Plantas de milho que possuem elevada altura de inserção da espiga não são muito recomendadas, elas facilmente podem ser tombadas pelo vento e são mais suscetíveis à quebra do colmo, causando perdas em sua produtividade final. É preferível uma distância média entre o nível do solo e ponto de inserção da espiga, assim a planta fica mais equilibrada (KAPPES et al., 2011).

Para os componentes de produção pode-se observar que não houve diferença estatística das doses dentro do tratamento na ausência de adubo químico para a variável população final de plantas (PFP), população final de espigas (PFE), comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), massa de 1000 grãos (MCG) e produtividade (PROD) de milho em função da aplicação de diferentes doses de esterco de galinha poedeira em semeadura apresentando médias com valores aproximados (Tabela 2).

Na presença do adubo químico não foram observadas significâncias para população final de espigas (PFE), comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), massa de 100 grãos (MMG). Porém a variável população final de plantas (PFP) e produtividade (PROD) foi significativa a 5% pelo teste de Scott-Knott (Tabela 2).

Tabela 2. Valores médios de população final de plantas (PFP), população final de espiga (PFE), Comprimento da espiga (CE), diâmetro da espiga (DE), massa de 100 grãos (MCG) e produtividade (PROD) de milho em função da aplicação de diferentes doses de esterco na ausência e presença de adubação química.

ORGÂNICO	PFP (plantas ha⁻¹)	PFE (espigas ha⁻¹)	CE (cm)	DE (mm)	MCG (kg)	PROD (Kg ha⁻¹)
D0	51,529 a	48,823 a	13,41 a	48,46 a	2,24 a	5,142 a
D1	51,176 a	48,823 a	13,63 a	50,61 a	2,51 a	5,837 a
D2	50,000 a	49,412 a	13,96 a	48,04 a	2,36 a	5,755 a
D3	51,765 a	51,176 a	13,77 a	50,50 a	2,29 a	5,343 a
D4	51,176 a	50,000 a	14,07 a	51, 14 a	2,45 a	5,843 a
ORGÂNICO + QUIMÍCO	PFP (plantas ha⁻¹)	PFE (espigas ha⁻¹)	CE (cm)	DE (mm)	MCG (kg)	PROD (Kg ha⁻¹)
DO	51, 765 a	50,558 a	13,56 a	50,70 a	2,43 a	5,763 a
D1	52,353 a	50,000 a	13,66 a	50,47 a	2,35 a	5,474 a
D2	54,118 a	52,353 a	13,55 a	50,54 a	2,38 a	5,400 a
D3	51, 176 a	49,412 a	13,63 a	49,54 a	2,39 a	6,572 a
D4	47,647 a	49,294 a	14,50 a	49,74 a	2,51 a	6,355 a
CV	5,05 %	6,65 %	4,36 %	4,50%	7,54%	9,75%

Comparando-se o tratamento na presença da adubação química com os tratamentos que receberam apenas doses de esterco de galinha poedeira, pode-se observar que os maiores valores foram proporcionados quando se adubou o solo com as doses de esterco de galinha poedeira na presença da adubação química, principalmente para a produtividade, onde as doses de 7,5 e 10 t ha⁻¹ na presença de adubação química.

Para a produtividade de grãos, não foi verificado efeito significativo para os dois fatores. Não houve efeito significativo entre os tratamentos utilizados, onde na presença de adubação química os valores em rendimento ficaram com média geral de 5,734 kg ha⁻¹ e na ausência da adubação química o tratamento utilizando apenas adubação orgânica alcançou média de rendimento de 5,584 kg ha⁻¹.

Dentro do tratamento na ausência da adubação orgânica as doses apresentaram valores em rendimento estatisticamente semelhantes, onde as doses 2,5 t ha⁻¹, 5,0 t ha⁻¹ e 10,0 t ha⁻¹ tiveram rendimento maiores quando comparados com a dose 7,5 t ha⁻¹ e a dose controle. Na presença da adubação química os resultados de rendimento demonstraram que as maiores doses 7,5 t ha⁻¹ e 10,0 t ha⁻¹ com complementação química de NPK alcançaram as maiores médias dentro dos dois tratamentos com rendimentos de 6,572 e 6,355 kg ha⁻¹, respectivamente (Figura 11 e 12).

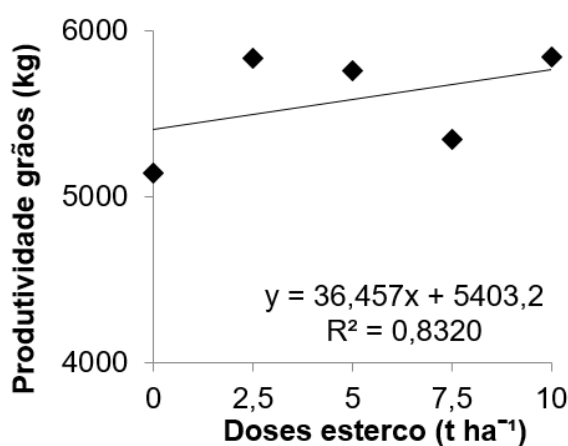


Figura 11. Produtividade na ausência de adubação química.

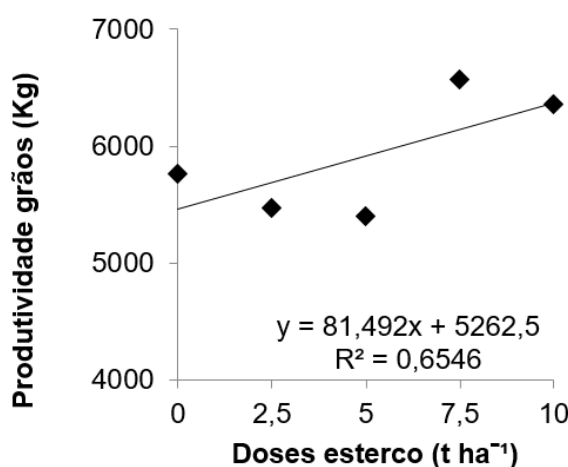


Figura 12. Produtividade na presença de adubação química.

A substituição da adubação química pela orgânica pode ser uma alternativa de para a redução nos custos de produção de milho no Estado do Acre, propriedades que apresentem aviários comerciais e com grande disponibilidade de resíduos produzidos diariamente, possibilitam a implantação de modelos de produção mais sustentáveis em relação aos adotados na atualidade. Os resultados encontrados segundo Toebe et al. (2007) na utilização de adubação orgânica podem estar relacionados a alta disponibilização de nutrientes para as plantas de milho suprimindo as necessidades de micro e macro nutrientes.

Santos et al. (2005) afirmam que em sistema orgânico nos primeiros anos de cultivo a produtividade é geralmente inferior a do sistema convencional, concordando com o presente trabalho, que com a aplicação de altas doses de esterco mesmo concentrada na linha de semeadura não foi suficiente para garantir produtividades superiores, porém mantendo produtividades semelhantes na presença da adubação química convencional.

Silva et al. (2008), indica que o uso da adubação com composto orgânico em grandes áreas cultivadas, pode gerar grandes problemas de execução, como à forma de aplicação e a quantidade. Para contornar este problema pode-se reduzir a quantidade de adubo orgânico concentrado na linha, ao invés de distribuídos em área total bem como adição de adubação mineral em cobertura.

Daga et al. (2009) constatou que a aplicação de adubo químico na dose de 500 kg ha^{-1} do formulado 8-20-20 proporcionou valores de $5,944 \text{ kg ha}^{-1}$ em rendimento, enquanto o tratamento com a dose de $7,50 \text{ mg ha}^{-1}$ de cama de frango apresentou um rendimento de $6,661 \text{ kg ha}^{-1}$ para a cultura do milho. Guerra et al. (2017) estudando a produtividade de grãos e de biomassa de dois híbridos de milho submetidos a duas condições de adubação relatou que os híbridos aumentaram a produtividade na dose de 2 t ha^{-1} da cama de aviário quando comparados com o cultivo sem este adubo, com produtividade média de $9,69 \text{ t ha}^{-1}$.

Por outro lado, Silva et al. (2008) encontrou resultados semelhantes aos desta pesquisa observando que a adubação orgânica + química obteve maiores rendimentos de produtividade do que o uso de material orgânico. Afirmam ainda que para que a adubação orgânica tenha efeitos significativos na produtividade, se faz necessário à aplicação da adubação orgânica por vários anos, pois seu efeito é maximizado em longo prazo, promovendo melhorias na fertilidade do solo, além de proporcionar condições físicas adequadas ao desenvolvimento da cultura do milho.

O rendimento de grãos observado no presente estudo tem grande relevância no contexto microrregional, tendo sua importância voltada diretamente para a manutenção da produtividade e da viabilidade econômica de pequenas propriedades. A substituição da

adubação química parcialmente ou permanentemente pode ser uma alternativa para redução dos custos de produção de milho no Estado do Acre, especialmente para os produtores que dispõem de elevadas quantidades de aviários comerciais na propriedade, podendo assim dar um destino correto aos insumos, adotando um modelo mais sustentável em relação ao modelo atual.

4. CONCLUSÃO

O tratamento na presença da adubação química proporcionou aumentos na altura da planta, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo obtidos com as doses de 2,5 e 10,0 t ha⁻¹.

A produtividade apresentou uma tendência linear com o aumento das doses de esterco de galinha poedeira na presença de adubação química, sendo recomendadas as doses 7,5 t ha⁻¹ e 10,0 t ha⁻¹ para elevados rendimentos.

5. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. W. DE; SANTOS, J. R.; MOURA FILHO, G.; REIS, L. S. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 721-726, 2013.

ALMEIDA, M. L.; et al. Incremento na densidade de plantas: Uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Revista Ciência Rural**, v. 30, n. 1, p. 23-29, 2000.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 867-874, 2000.

ARAÚJO, M. B. **Produção de Milho (Zea Mays L.) em Função de Adubos Orgânicos e Minerais**. (TCC) Graduação Agronomia - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2019.

ARAÚJO, P. C.; PERIN, A.; MACHADO, A. T.; ALMEIDA, D. L. Avaliação de diferentes variedades de milho para o estágio de “verde” em sistemas orgânicos de produção. **23º Congresso Nacional de Milho e Sorgo**, Uberlândia, 2000.

BRITO, O. R.; VENDRAME, P. R. S.; BRITO, R. M. Alterações das propriedades químicas de um latossolo vermelho distroférico submetido a tratamentos com resíduos orgânicos. **Seminário: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 1, p. 33-40, 2005.

CANCELLIER, L. L.; AFFÉRI, F. S.; ADORIAN, G. C.; RODRIGUES, H. V. M. Influência da adubação orgânica na linha de semeadura na emergência e produção forrageira de milho.

Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento sustentável, v. 5, n. 5, p. 25 -32, 2010.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2017/18**, v. 5, n. 9, Brasília, 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/9028-9-levantamento-safra-2017-18>>. Acessado em: 04/09/2019.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos: safra 2018/19**, v. 5, n. 12, Brasília, 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/9983-12-levantamento-safra-2017-18>>. Acessado em: 04/09/2019.

DAGA, J.; RICHART, A.; NOZAKI, M. H.; ZANETTI, T. A.; ZANETTI, R. D. Desempenho do milho em função da adubação química e orgânica. **Synergismus scyentifica UTFPR**, v. 4, n. 1, p. 1-3, 2009.

FARIAS, L. L. P. **Avaliação agrônômica de híbridos de milho (Zea mays.L) para produção de silagem ou grãos cultivados no Distrito Federal**. (TCC) Graduação em Engenharia Agrônoma - Universidade de Brasília – Faculdade de agronomia e medicina veterinária, Brasília, 2013.

FERREIRA, D. **SISVAR software**, versão 4.6. Lavras: DEX/UFLA, 2003.

FIGUEROA, E. A.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; WIETHOLTER, S. Dose de esterco de ave poedeira e suprimento de nitrogênio na cultura do trigo. **Revista Brasileira Engenharia Agrônômica Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 714-720, 2012.

FOGEL, G. F.; MARTINKOSKI, L.; MOKOCHINSKI, F.M.; GUILHEMETTI, P.C.G.; MOREIRA, V. S. Efeitos da adubação com dejetos suínos, cama de aves e fosfato natural na recuperação de pastagens degradadas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 66-71, 2013.

GIUNTI, O. D. **Parâmetros agrônômicos e bromatológicos de variedades de milho grão e silagem em sistema orgânico**. (Tese) Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural - Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, São Carlos, 2016.

GOMES, J.A.; SCAPIM, C.A.; BRACCINI, A.L.; VIDIGAL FILHO, P.S.; SAGRILO, E.; MORA, F. Adubações orgânica e mineral, produtividade do milho e características físicas e químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo. **Acta Scientiarum Agronomia**, v. 27, n. 3, p. 521-529, 2005.

GRIGULO, A. S. M. et al. Avaliação do desempenho de genótipos de milho para consumo in natura em Tangará da Serra, MT, Brasil. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 4, p. 603- 608, 2011.

KAPPES, C; ANDRADE, J.A.C; OLIVEIRA, A.C; FERREIRA, J.P. Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas. **Bragantia**, v. 70, n. 2, p. 334-343, 2011

KONZEN, E. A. **Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003.

MACHADO, A. T.; MACHADO, C. T. T. **Manejo da diversidade genética de milho em sistemas agroecológicos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009.

- MALAFAIA, G.; ARAÚJO, F. G. de; LEANDRO, W. M.; RODRIGUES, A. S. de L. Teor de nutrientes em folhas de milho fertilizado com vermicomposto de lodo de curtume e irrigado com água residuária doméstica. **Revista Ambiente e Água**, v. 11, n. 4, p. 800–809, 2016.
- MORAES, B. E. R.; et al. Potencialidades do uso de cama de frango na recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. **Veterinária Notícias**, v. 12, n. 2, p. 127, 2006.
- MUNDSTOCK, C. M. Milho: distribuição da distância entre linhas. **Lavoura Arrozeira**, v. 30, n. 299, p. 28-29, 1977.
- NASS, L. L.; et al. Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 3, p. 581-587, 2000.
- PAULETTI, V.; BARCELLOS, M.; MOTTA, A.C.V.; MONTE SERRAT, B.; SANTOS, I.R. Produtividade de culturas sob diferentes doses de esterco líquido de gado de leite e de adubo mineral. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 2, p. 199-205, 2008.
- RODRIGUES, T. E.; GAMA, J. R. N. F.; SILVA, J. M. L. da; VALENTE, M. A.; SANTOS, E. S.; ROLIM, P. A. M. **Caracterização e classificação de solos do município de Senador Guomard, Estado do Acre**. Embrapa Amazônia Oriental, 2003.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 13-24, 2012.
- SANTOS, I. C.; MIRANDA, G. V.; MELO, A. V.; MATTOS, R. N.; OLIVEIRA, L. R.; LIMA, J. L.; et al. Comportamento de cultivares de milho produzido organicamente e correlações entre características das espigas colhidas no estágio verde. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 1, p. 45-53, 2005.
- SCHERER, E.E. **Aproveitamento do esterco de suínos como fertilizante**. Chapecó: Epagri-Cepaf, 2000.
- SILVA, E. C.; et al. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre Latossolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 3, p. 353-362, 2004.
- SILVA, R. G.; GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; SILVA, D. G.; ARNHOLD, E. Produtividade de milho em diferentes sistemas produtivos. **Revista Verde**, v. 2, n. 2, p. 136-141, 2007.
- SILVA, R.G.; GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V.; et al. Produtividade de variedades de milho nos sistemas de cultivo orgânico e convencional. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 2, p. 78-85, 2008.
- SILVA, T. R; MENEZES, J.F. S, SIMON, G.A; ASSIS, R. L. Desenvolvimento inicial do milho em um latossolo vermelho distrófico com aplicação de cama de poedeira. **Global Science and Technology**, v. 6, n. 1, p. 1-7, 2013.
- VOGT, G. A. **A dinâmica do uso e manejo de variedades locais de milho em propriedades agrícolas familiares**. (Dissertação) Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais - Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2005.

SISTEMA DE PRODUÇÃO CONSORCIADA DE FEIJÃO-CAUPI COM PINHÃO-MANSO

João Alfredo Neto da Silva¹, Cesar José da Silva², Cristiano Márcio Alves de Souza³ e
Paulo Rogério Beltramin da Fonseca⁴

1. Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural, Agraer, Ponta Porã, MS, Brasil;
2. Embrapa Agropecuária Oeste. Rodovia BR 163 Km 253, Zona Rural, Dourados, MS, Brasil;
3. Universidade Federal da Grande Dourados, Faculdade de Ciências Agrárias, UFGD Unidade II: Rodovia Dourados, Itahum, Km 12 - Unidade II, Dourados, MS, Brasil;
4. Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UFAM. Rodovia Dourados-Itahum, Humaitá-AM, Brasil.

RESUMO

Duas culturas podem ser exploradas conjuntamente, em sistemas de consórcio; porém, há necessidade de se gerar conhecimento para sistema consorciado, pois no consórcio ocorrem interações cooperativas e competitivas que necessitam de ser quantificadas para ter o máximo de eficiência no uso do solo, e com maior rentabilidade para o produtor. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o cultivo de culturas anuais consorciado com pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em Dourados, MS. O experimento foi conduzido em área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em parceria com a Fazenda Paraíso, que está localizada nas coordenadas geográficas com Latitude Sul 22°05'44" e Longitude W 55°18'48", no distrito de Itahum, município de Dourados, em área de Latossolo Vermelho Distrófico, solos com teores médios de 200 g kg⁻¹ de argila. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 3x2, sendo que cada espécie teve três cultivares e dois sistemas de cultivo (solteiro e consórcio), com quatro repetições. As culturas testadas foram feijão-caupi. As cultivares de feijão-caupi testadas na safrinha 2008/09 e 2009/10, apresentaram produtividade satisfatória quando cultivadas em consórcio com pinhão-manso, dessa forma, podem ser cultivadas neste sistema de cultivo. A menor produção de grãos das espécies anuais cultivadas nas entrelinhas do pinhão-manso no sistema consorciado, quando comparado ao solteiro, deve-se basicamente a competição pelos fatores de produção. O consórcio de plantas produtoras de grãos, mostrou-se agronomicamente adaptada no pinhão-manso cultivado no espaçamento 3x2, apenas nos três primeiros anos de cultivo.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, *Jatropha curcas* L., Consórcio e sistemas de cultivo.

ABSTRACT

Two crops can be explored jointly, in intercropping systems; however, there is a need of generating knowledge for the intercropped system, because in the intercropping there are cooperative and competitive interactions that need to have the maximum effectiveness in soil

use, and with better and higher profitable for the producer. Therefore, the aim of this paper was to evaluate the yearly growing crops intercropped with *Jatropha curcas* L. in Dourados, MS. The design was conducted in a in the experimental plot at Embrapa Agricultural West, in partnership with Paraíso Farm, located at coordinates 22° 05' 44" S and 55° 18' 48" W, in the District of Itahum, Dourados, in an area of Dystrophic Red Latosol, soils with an average of 200 g kg⁻¹ clay. The experimental design was of randomized blocks, in a 3 x 2 factorial design whereas each species had three cultivars and two growing systems (single and intercropping), with four replications. The tested crops were caupi-beans. The caupi-beans crops tested during 2008/09 and 2009/10 season crop showed satisfactory yield when sowed intercropped with *Jatropha curcas* L.; thus, they can be grown in this growing system. The lower production of grains of the annual species grown between the jatropha in the intercropped system, when compared to the single, is basically due to competition for production factors. The consortium of grain-producing plants was shown to be agronomically adapted to *Jatropha curcas* L. grown in 3x2 spacing, only in the first three years of cultivation. **Keywords:** *Vigna unguiculata*, *Jatropha curcas* L., Intercropping and growing systems.

1. INTRODUÇÃO

A rápida expansão nos últimos anos da demanda mundial por biocombustíveis ocorreu devido à preocupação com a redução de emissões de gases causadores do efeito estufa até 2012, como determina o Protocolo de Kyoto. Essa demanda é verificada também no Brasil, pela necessidade de diminuir a dependência de derivados de petróleo nas matrizes energéticas nacionais e pelo incentivo à agricultura e às indústrias locais (NAPOLEÃO, 2005).

A necessidade dos países desenvolvidos atenderem os compromissos de redução de emissões de gases de efeito estufa e a instabilidade do mercado de combustíveis fósseis está possibilitando ao Brasil tornar-se, em curto prazo, no principal fornecedor de biocombustíveis ao mercado internacional (NAPOLEÃO, 2005).

Provavelmente com este objetivo, em 2004 o Governo Federal lançou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), para estimular a produção de biodiesel a partir de diversas fontes oleaginosas.

A redução da emissão de fuligem e da liberação de hidrocarboneto são algumas das várias vantagens da adoção de biodiesel em relação ao diesel fóssil (AZEVEDO; LIMA, 2001). Além disso, comparado com o diesel, o biodiesel é biodegradável, e uma das vantagens de sua produção refere-se à possibilidade de ser usado puro em motores de ciclo diesel ou em misturas com óleo diesel em diferentes proporções, exigindo pouca ou nenhuma alteração de elementos do motor (AZEVEDO; LIMA, 2001).

O Brasil apresenta reais condições para se tornar um dos maiores produtores de biodiesel do mundo, por dispor de solo e clima adequados ao cultivo de oleaginosas (MIRAGAYA, 2005).

A eficiência e as vantagens de um sistema consorciado fundamentam-se, principalmente, na complementaridade entre as culturas envolvidas, sendo que serão tanto maiores quanto menores forem os efeitos negativos estabelecidos de uma cultura sobre a outra (CERETTA, 1986). Por isso, torna-se muito importante avaliar o manejo das espécies em cultivo consorciado, a fim de se ter menor competição pelos recursos a serem utilizados pelas mesmas (CERETTA, 1986).

Outras vantagens atribuídas aos cultivos consorciados são: maior eficiência na utilização da terra, diminuição dos riscos de perdas totais, melhor uso dos recursos ambientais, diminuição do uso de insumos não renováveis, tais como fertilizantes e agrotóxicos, ou pelo menos uso mais racional dos mesmos (CERETTA, 1986).

O consórcio de culturas é um sistema de cultivo tradicional nos países em desenvolvimento e consiste no plantio simultâneo ou não de duas ou mais culturas numa mesma área. Este sistema de cultivo é empregado, sobretudo, pelos pequenos produtores e pelos agricultores de subsistência. Para eles, o sistema é interessante por vários motivos, dentre os quais: permite o uso intensivo da área, diminui o risco de insucesso, melhora o hábito alimentar, aumenta a proteção vegetativa do solo contra a erosão e permite melhor controle das plantas daninhas que o cultivo solteiro (ANDRADE et al., 2001; SILVA et al., 2015; ARAÚJO et al., 2017; TORRES et al., 2020).

O sistema consorciado é adotado tanto nas regiões tropicais úmidas como nas tropicais semi-áridas. Pratica-se de forma predominante em regime de agricultura tradicional. A predominância do uso do consórcio nessas regiões deve-se ao maior rendimento de grãos, maior estabilidade ao longo dos anos e não exige custos adicionais (RAPOSO et al., 1995; PORTE; SILVA, 1996; FLESCHE, 2002). Assim reduz os riscos de perdas, aumenta o aproveitamento da sua propriedade com maior retorno econômico, além de constituir alternativa altamente viável para aumentar a oferta de alimentos (ANDRADE et al., 2001).

Uma espécie com potencial para utilização neste tipo de sistema é o pinhão-mansão, uma espécie não alimentar com alto potencial de rendimento de óleo. A oleaginosa possui, também, características compatíveis com o perfil da agricultura familiar, pois é perene e dependente de mão-de-obra. Os espaçamentos adotados permitem, nos primeiros anos de cultivo, o consórcio com outras culturas, podendo produzir em uma mesma área energia e alimento (ALVARENGA et al., 2001; SILVA et al., 2012).

Assim, a necessidade de suprir a demanda por alimentos por meio de recursos limitados pelas condições da agricultura familiar, aliada a uma preocupação no melhor

aproveitamento das áreas de cultivo, tem sido a razão de se praticar cultivos consorciados (RAPOSO et al., 1995).

Duas culturas podem ser exploradas conjuntamente, em sistemas de consórcio; porém, há necessidade de se gerar conhecimento para tais sistemas, pois no consórcio ocorrem interações cooperativas e competitivas que necessitam de ser quantificadas para ter o máximo de eficiência no uso do solo, e com maior rentabilidade para o produtor, além da maior segurança na produção, com redução dos riscos (BELTRÃO et al., 2002; SOUZA et al., 2015; SILVA et al., 2015; SANTOS et al., 2017).

Nesse sentido, a procura de cultivos que visem o melhor uso da terra e aproveitamento dos recursos naturais como água, luz, nutrientes, é uma importante opção para incrementar a produtividade de alimentos, especialmente em pequenas propriedades rurais onde se pratica o uso intensivo de mão-de-obra (SILVA et al., 1993).

Quando adotado o cultivo consorciado, as espécies podem apresentar comportamento diferenciado, em função do sistema de cultivo, sendo em altura e em distribuição das folhas no espaço, entre outras características morfológicas, que podem levar as plantas a competir por energia luminosa, água e nutrientes (GIMENES et al., 2008).

O comportamento de cada espécie no sistema consorciado deve-se a divisão da radiação solar incidente sobre as plantas, sendo em um sistema consorciado determinada pela altura das plantas e pela eficiência de interceptação e absorção. O sombreamento causado pela cultura mais alta reduz tanto a quantidade de radiação solar à cultura mais baixa como a sua área foliar (FLESCH, 2002).

O feijão-caupi é mais explorado nos sistemas de agricultura familiar onde predomina o consórcio, sendo o milho a planta mais utilizada, onde se verifica baixos rendimentos dos sistemas (FROTA; PEREIRA, 2000).

Por apresentar ciclo curto e porte baixo, o feijão-caupi pode ser cultivado em sistema de consórcio com culturas que apresentam porte alto e ciclo perene, entretanto faltam estudos para comprovar a viabilidade técnica e econômica do consórcio do feijão-caupi (SILVA et al., 2016).

Porém para realizar o consórcio deve-se conhecer as espécies vegetais a serem utilizadas no sistema de consorciação de culturas (ANDREOTTI et al., 2008).

Desse modo, as espécies consorciadas podem interferir no estado nutricional da cultura e no rendimento de grãos em sistemas de consórcio, depende das condições de solo, de clima, das espécies utilizadas e do manejo empregado. Nos sistemas de consórcio, as pesquisas ainda são incipientes, e existem poucos resultados sobre a influência das plantas

cultivadas em consórcio para produção da cultura principal e das possíveis melhorias que possam propiciar ao solo.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o consórcio de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), com feijão-caupi na safrinha em Dourados, MS.

2. MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido em área experimental da Embrapa Agropecuária Oeste, em parceria com a Fazenda Paraíso, que está localizada nas coordenadas geográficas com Latitude Sul 22°05'44" e Longitude W 55°18'48", no distrito de Itahum, município de Dourados, em área de Latossolo Vermelho Distrófico, solos com teores médios de 200 g kg⁻¹ de argila. As precipitações pluviométricas mensais durante a condução do experimento são apresentadas na (Figura 1).

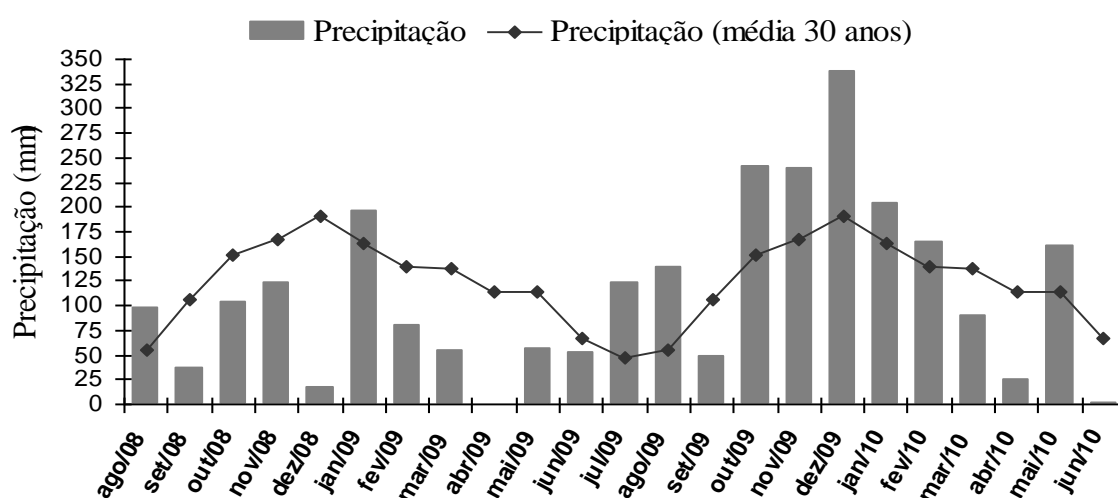


Figura 1. Precipitação pluviométrica mensal nas safras 2008/2009 e 2009/2010 e médias histórica da precipitação.

Fonte: Estação meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste – Dourados, MS.

O pinhão-manso foi implantado em novembro de 2006, por meio de semeadura direta no campo, realizada no espaçamento de 3x2 m, deixando-se uma planta/cova. Nas safras 2006/07 e 2007/08 foram realizadas a condução e tratamentos culturais, normalmente empregados

para a cultura. As parcelas experimentais foram constituídas de quatro fileiras com seis plantas por fileira.

O pinhão-manso recebeu adubação, na linha, em superfície, na terceira e quarta safra, de 400 kg ha^{-1} da fórmula 08-20-20, parcelada em duas aplicações (50% na primeira em outubro de 2008 e 2009 e 50% na segunda em março de 2009 e 2010).

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 3×2 , três cultivares e dois sistemas de cultivo (solteiro e consórcio), com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003).

As espécies cultivadas na safrinha 2009 tiveram a semeadura realizada dia 26 de janeiro de 2009 e para a safrinha 2010 a semeadura ocorreu dia 24 de março de 2010.

As três cultivares de feijão-caupi usadas na safrinha de 2009 foram a Patativa, a Inhuma e a BRS Marataoã, enquanto a Xiquexique, a ITA e a Nova Era foram cultivadas na safrinha de 2010. Realizou-se adubação de base no feijão-caupi com 350 kg ha^{-1} da fórmula 08-20-20 e 20 kg ha^{-1} de N em cobertura na forma de uréia, para os dois sistemas de cultivo. As parcelas de feijão-caupi, foram compostas de cinco linhas em espaçamento de 0,45 m entre linhas e oito metros de comprimento; e a área útil foi composta por três linhas com seis metros lineares ($8,1 \text{ m}^2$).

O índice de colheita refere-se à fração de fitomassa seca de grãos colhidos em relação à fitomassa seca total da parte aérea da planta. O controle de plantas daninhas foi realizado por meio de capinas manual, sempre que houve necessidade. O controle de pragas e doenças foi realizado de acordo com a ocorrência de danos econômicos, considerando o manejo integrado de pragas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na safrinha 2009, as cultivares de feijão-caupi no sistema de cultivo consorciado alcançaram maior massa de 100 sementes. Para os atributos massa seca total, produtividade e índice de colheita, o sistema de cultivo solteiro apresentou os maiores resultados. A cultivar Inhuma apresentou maior valor para massa seca total e massa de 100 sementes (Tabela 1).

Os resultados deste experimento são compatíveis com os obtidos por Cardoso (2006), que relatou que os componentes de rendimento do feijão-caupi cultivado em consórcio são reduzidos, quando se aumenta a densidade de plantas de uma das culturas.

Tabela 1. Massa seca total, massa de 100 sementes, produtividade e índice de colheita em feijão-caupi safrinha consorciado com pinhão-manso. Dourados-MS, 2009.

CULTIVARES	Massa seca total (g planta ⁻¹)	Massa 100 sementes (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Índice de colheita -
Patativa	19,47 b	24,57 b	1051,13 b	0,39 a
Inhuma	32,55 a	25,77 a	1385,75 a	0,33 b
BRS Marataoã	19,86 b	20,13 c	1470,00 a	0,41 a
SISTEMAS				
Solteiro	29,65 a	22,73 b	1708,25 a	0,38 a
Consórcio	18,27 b	24,25 a	896,33 b	0,36 b
F (Blocos)	1,76	0,1	1,63	3,35*
F cultivares (A)	27,41	95,67*	70,21*	32,93*
F sistemas (B)	48,04*	18,80*	707,18*	5,56*
F (AxB)	14,28*	0,11	146,52*	30,47*
CV (%)	16,78	3,66	5,74	5,32

* significativo a 5% de probabilidade; C.V. - coeficiente de variação; médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As cultivares Inhuma e BRS Marataoã apresentaram maiores valores de produtividade não diferindo entre si, sendo que para esta variável o sistema de cultivo solteiro foi superior (Tabela 1). A produção de grãos do feijão-caupi foi superior no sistema de cultivo solteiro (1.708 kg ha⁻¹) em relação ao consórcio (896 kg ha⁻¹), comportamento semelhante ao relatado por Santos (2009), que verificou produtividade de 1.200 kg ha⁻¹, para a variedade EPACE-10 e considerou esse valor como sendo alta produtividade para o feijão-caupi.

Essa maior produtividade no sistema de cultivo solteiro pode estar relacionada com o sombreamento, já que, o sombreamento causa mudanças morfofisiológicas nas plantas e o grau de adaptação é ditado por características genéticas, reduzindo o crescimento e a produtividade das plantas (MORAES NETO et al., 2000; SILVA et al., 2012).

Vários estudos têm demonstrado que a qualidade da luz influencia o crescimento e o desenvolvimento das plantas, alterando características como área foliar e índice de clorofila total (LÁZARO et al., 2009; MARTUSCELLO et al., 2009; SILVA et al., 2016). O sistema de cultivo consorciado apresentou valores inferiores para índice de colheita, as cultivares

Patativa e BRS Marataoã tiveram valores superiores para esta variável, não diferindo entre si (Tabela 1).

Para massa seca total, a cultivar Inhuma apresentou maior valor para o sistema de cultivo solteiro, enquanto no sistema consorciado, as cultivares testadas não apresentaram diferença entre si (Figura 2).

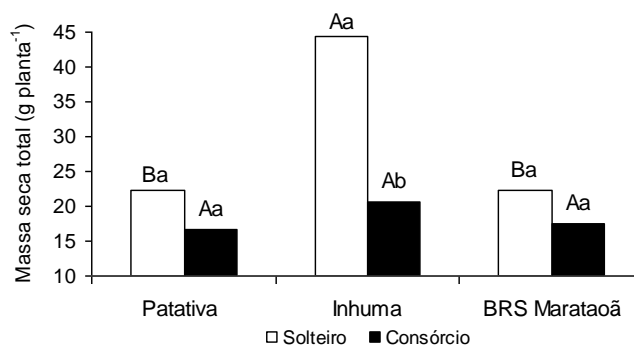


Figura 2. Massa seca total de feijão-caupi consorciado com pinhão-mansão na safrinha 2009. Médias com mesma letra, minúscula para sistemas em cada cultivar e maiúscula entre cultivares (no mesmo sistema de cultivo), não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A cultivar Inhuma apresentou a maior produtividade de grãos (2086,25 kg ha⁻¹) no sistema de cultivo solteiro, enquanto no sistema de consórcio, as maiores produtividades de grãos foram apresentadas pelas cultivares Patativa (985,75 kg ha⁻¹) e BRS Marataoã (1018,00 kg ha⁻¹), que não diferiram entre si (Figura 3 A). Para todas as cultivares, a produtividade do sistema de cultivo solteiro foi superior (1708,25 kg ha⁻¹) quando comparado ao consórcio (896,33 kg ha⁻¹).

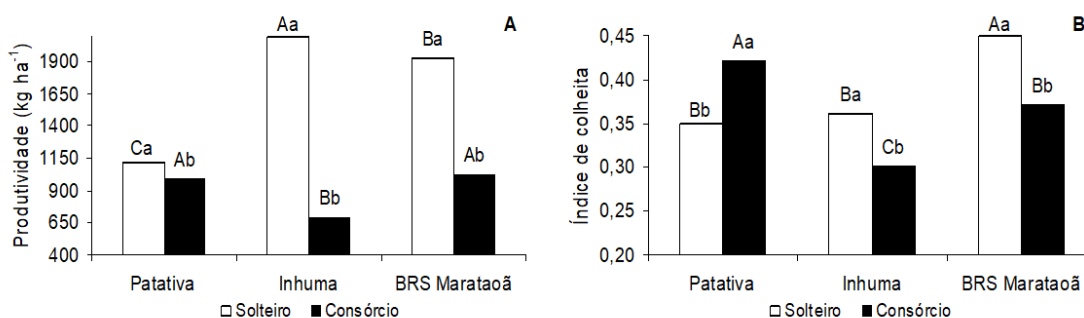


Figura 3. Produtividade de grãos (A) e índice de colheita (B) de três cultivares de feijão-caupi consorciado com pinhão-mansão na safrinha de 2009. Médias com mesma letra, minúscula para sistemas em cada cultivar e maiúscula entre cultivares (no mesmo sistema de cultivo), não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A cultivar Patativa apresentou maior índice de colheita no sistema de cultivo consorciado, enquanto as demais cultivares o sistema solteiro apresentou maiores valores, neste sistema ainda, pode ser observado que a cultivar BRS Marataoã teve maior IC (Figura 3 B).

Avaliando sistemas de consórcio de mamona com o feijão-caupi, Melo et al. (2006) obtiveram produtividades de feijão-caupi, em torno de 1.000 kg ha⁻¹. Oliveira et al. (2002), em avaliação de linhagens e cultivares de feijão-caupi, em Areia, PB, obtiveram produtividades de 1.200 kg ha⁻¹ de grãos secos e limpos, considerada alta para essa cultura.

A maior produtividade de grãos obtida com a variedade Inhuma deve-se possivelmente, ao melhor potencial desse cultivar em absorver os nutrientes do solo e maior eficiência do sistema fotossintético. Isso promove maior produção e translocação de fotoassimilados para a planta, proporcionando maior acúmulo de matéria seca, principalmente durante as fases de maior exigência do feijoeiro (floração, formação de vagens e enchimento de grãos), refletindo em maior rendimento de grãos, em relação às demais cultivares.

Na safinha 2010, as cultivares de feijão-caupi alcançaram maior massa seca total no sistema de cultivo solteiro (Tabela 2). Resultado esse que corrobora com os apresentados por Silva et al. 2016, que relatam maior massa seca em feijão-caupi cultivado solteiro comparado a consorciado com braquiária. Entretanto, todos os tratamentos apresentaram valores superiores aos relatados por Zilli et al. (2011) e Melo e Zilli (2009). Para a variável massa de 100 sementes não houve diferença entre os sistemas e para a produtividade e índice de colheita o sistema de cultivo consorciado teve os maiores valores (Tabela 2).

Na média dos sistemas, a cultivar Xiquexique apresentou maior massa seca total e maior índice de colheita; porém, a mesma cultivar apresentou a menor produtividade de grãos comparada às demais cultivares (Tabela 2). Para massa de 100 sementes, a cultivar Nova Era apresentou valores superiores às demais cultivares (Tabela 2).

No desdobramento da interação entre cultivar e sistema de cultivo, pode ser observada que para a variável massa seca total que todas as cultivares apresentaram os maiores valores no sistema de cultivo solteiro (Figura 4 A).

Tabela 2. Massa seca total, massa de 100 sementes, produtividade e índice de colheita em feijão-caupi safrinha consorciado com pinhão-manso. Dourados-MS, 2010.

CULTIVARES	Massa seca total (g planta ⁻¹)	Massa 100 sementes (g)	Produtividade (kg ha ⁻¹)	Índice de colheita -
Xiquexique	22,05 a	17,46 b	661,07 b	0,42 a
ITA	16,23 c	17,62 b	790,76 a	0,28 c
Nova Era	18,77 b	23,12 a	800,50 a	0,30 b
SISTEMAS				
Solteiro	24,13 a	19,25 a	643,85 b	0,30 b
Consórcio	13,90 b	19,55 a	856,71 a	0,36 a
F (Blocos)	1,15	4,31*	1,43	4,01*
F cultivares (A)	655,24*	176,74*	7,96*	436,90*
F sistemas (B)	6029,36*	1,2	45,06*	196,74*
F (AxB)	1165,44*	10,97*	39,30*	114,17*
CV (%)	1,70	3,54	10,40	3,02

* significativo a 5% de probabilidade; C.V. - coeficiente de variação; médias seguidas por letras iguais, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

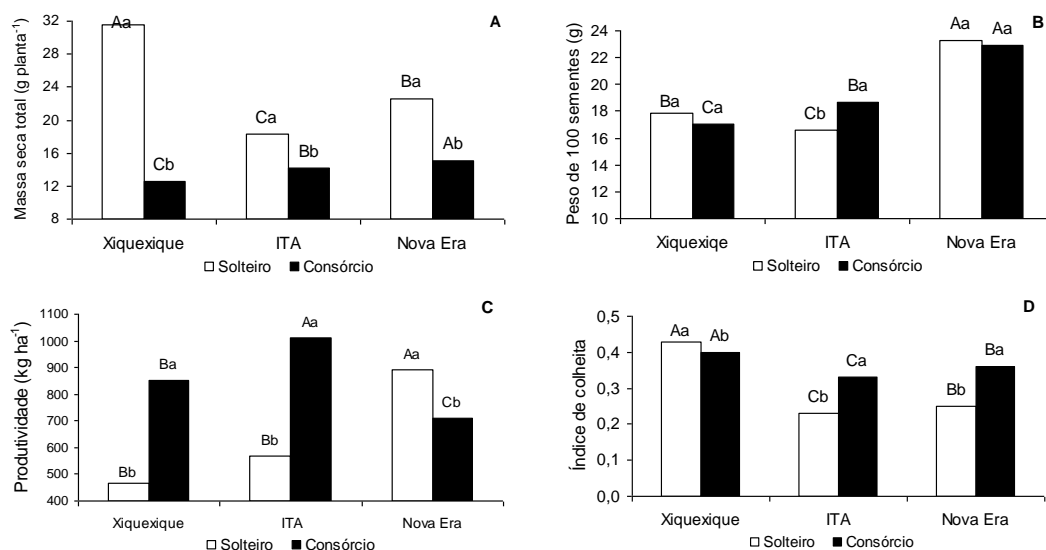


Figura 4. Massa seca total (A), massa de 100 sementes (B), produtividade (C) e índice de colheita (D) em feijão-caupi consorciado com pinhão-manso na safrinha 2010. Médias com mesma letra, minúscula para sistemas em cada cultivar e maiúscula entre cultivares (no mesmo sistema de cultivo), não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Ainda para a variável massa seca total, no sistema de cultivo solteiro a cultivar Xiquexique apresentou valores superiores em relação às demais (Figura 4 A). Para a massa de 100 sementes, a cultivar Nova Era foi superior às demais nos dois sistemas de cultivo.

Apenas a cultivar ITA apresentou diferença entre os sistemas, sendo o sistema consorciado superior ao solteiro (Figura 4 B).

No sistema solteiro, a cultivar Nova Era apresentou maior produtividade ($892,65 \text{ kg ha}^{-1}$), sendo que ITA e Xiquexique não diferiram entre si. No sistema consorciado o destaque foi ITA ($1011,16 \text{ kg ha}^{-1}$), seguido pela Xiquexique ($853,61 \text{ kg ha}^{-1}$) e por último Nova Era ($708,36 \text{ kg ha}^{-1}$) (Figura 4 C).

A interação cultivares versus ambientes assume papel fundamental quando um grupo de cultivares é submetida a diversas variações ambientais e sistemas de cultivo, sendo fator de grande importância na recomendação de cultivares (RAMALHO et al., 1993; SILVA et al, 2015).

Deve-se levar em consideração ainda, que o incremento da produtividade envolve diversos fatores, destacando-se, entre eles, a escolha correta da cultivar adaptada à determinada região e sistema de cultivo (CRUZ et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2012; SILVA et al, 2016).

Para o atributo índice de colheita, a cultivar Xiquexique apresentou as maiores médias para os dois sistemas de cultivo. Entre os sistemas, o cultivo solteiro apresentou índice de colheita superior ao consorciado apenas para a cultivar Xiquexique (Figura 4 D). O índice de colheita representa a eficiência da planta em converter os fotoassimilados em produção de grãos. Embora todos os cultivares testados apresentaram menor produção de MS no sistema consorciado (Figura 4 A), este sistema ofereceu melhores condições para que esta MS da parte aérea forneça-se fotoassimilados para a produção de grãos.

Isso evidencia, mais uma vez, a resposta diferencial de cultivares nos sistemas de cultivo. Estes resultados sugerem a necessidade de programas de melhoramento com o objetivo específico de cultivares voltado para os sistemas consorciados.

4. CONCLUSÃO

As cultivares de feijão-caupi testadas na safrinha 2008/09 e 2009/10, apresentaram produtividade satisfatória quando cultivadas em consórcio com pinhão-manso, dessa forma podem ser cultivadas neste sistema de cultivo. A menor produção de grãos das espécies anuais cultivadas nas entrelinhas do pinhão-manso no sistema consorciado, quando comparado ao solteiro, deve-se basicamente a competição pelos fatores de produção. O

consórcio de plantas produtoras de grãos, mostrou-se agronomicamente adaptada no pinhão-mansão cultivado no espaçamento 3x2, apenas nos três primeiros anos de cultivo.

5. REFERÊNCIAS

ALVARENGA, R.C.; CABEZAS, W.A.L.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 25-36. 2001.

ANDRADE, M. J. B.; MORAIS, A. R.; TEIXEIRA, I. R.; SILVA, M. V. Avaliação de sistemas de consórcio de feijão com milho pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 2, p. 242-250, 2001.

ANDREOTTI, M. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 109-115, 2008.

ARAÚJO, A. K., ARAÚJO FILHO, J. A., MARANHÃO, S. R. . Consórcios de milho, feijão e mandioca em presença de bagana de carnaúba em um argissolo no litoral norte do Ceará sob condições de sequeiro. **Essentia - Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia da UVA**, v. 18, p. 2- 23, 2017.

AZEVEDO, D. M. P.; LIMA, E. F. **O Agronegócio da Mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001.

BELTRÃO, N.E. M.; VALE, L. S.; ARAUJO FILHO, J. O. T.; COSTA S.G. **Cultivo da mamona consorciada com o feijão-caupi para o semi-árido nordestino em especial do Piauí**. Campo Grande: Embrapa Algodão, 2002.

CERETTA, C. A. **Sistema de cultivo de mandioca em fileiras simples e duplas em monocultivo e consorciada com girassol**. (Dissertação) Mestrado em Fitotecnia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1986.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3ª ed. Viçosa: Ed. UFV, 2004.

FERREIRA, D. **SISVAR software:versão 4.6**. Lavras: DEX/UFLA, 2003.

FLESCHE, R. D. Efeitos temporais e espaciais no consórcio intercalar de milho e feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 1, p. 51-56. 2002.

FROTA, A.B.; PEREIRA, P.R. **Caracterização da produção de feijão-caupi na região Meio-Norte do Brasil**. In: CARDOSO, M.J. A cultura do feijão-caupi no Meio-Norte do Brasil. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000.

GIMENES, M. J.; FILHO, R. V.; PRADO, E. P.; DAL POGETTO, M. H. F. A.; CHRISTOVAM, R.S. Interferência de espécies forrageiras em consórcio com a cultura do milho. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 15, n. 2, p. 61-76, 2008.

LÁZARO, C.C.M., RAMOS, L.M.; RODRIGUES, T J.D.; CARGNELUTTI FILHO, A.; MUNARI, D.P.; PATERNIANI, L.S. Interferência do sombreamento no desempenho de genótipos de *Stylosanthes guianensis*. **Científica**, v. 37, n. 1, p. 1-8, 2009.

MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; NETO, M. M. G.; LAURA, V. A.; CUNHA, D. N. F. V. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1183-1190, 2009.

MELO, F. B.; CARDOSO, M. J.; NEVES, A. C. Avaliação agroeconômica do sistema de produção do consórcio de mamona e feijão-caupi. **Congresso Nacional de Feijão-caupi**. Teresina: EMBRAPA Meio-Norte, 2006.

MELO, S.R.; ZILLI, J.E. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão-caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 9, p. 1177-1183, 2009.

MIRAGAYA, J.C.G. Biodiesel: tendências no mundo e no Brasil. **Informe Agropecuário. Produção de oleaginosas para biodiesel**, v. 26, n. 229, p. 7-13, 2005.

MORAES NETO, S. P.; et al. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na mata atlântica, em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**, v. 24, n. 1, p. 35-45, 2000.

NAPOLEÃO, B.A. Biodiesel: alternativa econômica, social e ambiental para o Brasil. **Informe Agropecuário**, v.26, n.229, p.3, 2005.

OLIVEIRA, A.P.; TAVARES SOBRINHO, J.; NASCIMENTO, J.T.; ALVES, A.U.; ALBUQUERQUE, I.C.; BRUNO, G. B. Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-caupi, em Areia, PB. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 180-182, 2002.

OLIVEIRA, G.H.F.; ARNHOLD, E.; ARAUJO, B.L.; SILVA, R.N.O.; COSTA, J.R.S.; OLIVEIRA JUNIOR, E.A.; LIMA, C.F. Produtividade de cultivares de milho em região pré-amazônica. **Revista Trópica**, v. 6, n. 2, p. 3-7, 2012.

PORTE, T. A.; SILVA, C. C. **Cultivo consorciado**. In: ARAÚJO, R. S.; et al. Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: POTAFÓS, 1996.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Interação dos genótipos x ambientes**. In: RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. Genéticas quantitativa em plantas autógamas: aplicação ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993.

RAPOSO, J. A. A.; SCHUCH, L.O.B.; ASSIS, F.N.; MACHADO, A.A. Consórcio de milho e feijão em diferentes arranjos e populações de plantas em Pelotas, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 5, p. 639-647, 1995.

SANTOS, L. A. C.; SILVA, D. M. P.; OLIVEIRA, I. A.; PEREIRA, C. E.; CAMPOS, M. C. C. Crescimento de cultivares de feijão-caupi em solo de terra firme e várzea. **Ambiência Guarapuava**, v. 13, n. 1, p. 261-270, 2017.

SILVA, J. A. N. da; CECCON, G. ; ROCHA, E. C. ; SOUZA, C. M. A. Produtividade de feijão-caupi e braquiária com inoculação nas sementes, em cultivo solteiro e consorciado. **Agrarian**, v. 9, p. 44-348, 2016.

SILVA, J. A. N. da; SOUZA, C. M. A. DE ; SILVA, C. J. da ; BOTTEGA, S. P. . Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 769-775, 2012.

SILVA, J. A. N. da; SOUZA, C. M. A. DE ;; SILVA, C.J. ; FONSECA, P.R.B. . Produtividade de Híbridos de Milho em Cultivo Solteiro e Consorciado com Pinhão-Manso. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, p. 43-48, 2015.

SILVA, P. R. F.; TREZZI, M. M.; WOLLMANN, L. M. Cultivo de milho em consórcio de substituição de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 3, p. 295-301, 1993.

SOUZA, L. S. B.; DE MOURA, M. S. B.; SEDIYAMA, G. C.; da SILVA, T. G. F. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura do milho e feijão-caupi em sistemas exclusivo e consorciado. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 151-160, 2015.

TORRES, W. L. V.; VIANA, T. V. A. ; SOUSA, G. G. ; PEREIRA FILHO, J. V. ; GOMES, K. R. ; AZEVEDO, B. M. . Lâminas de irrigação e coberturas vegetais mortas no consórcio entre feijão-caupi e milho. **Research, Society And Development**, v. 9, p. 1-16, 2020.

ZILLI, J.E.; SILVA NETO, M.L.; FRANÇA JÚNIOR, I.; PERIN, L.; MELO, A. R. Resposta do Feijão-caupi a inoculação com estirpes de *Bradyrhizobium* recomendadas para a soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 739-742, 2011.

DESEMPENHO DE CULTIVARES DE ARROZ EM DIFERENTES TIPOS DE SOLO NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Jacilma de Siqueira Pinho Salvador¹, Paulo Rogério Beltramin da Fonseca¹, Marcos André Braz Vaz¹, Inocêncio Junior de Oliveira² e João Alfredo Neto da Silva³

1. Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, UFAM. Rodovia Dourados-Itahum, Km 12, Bairro Aeroporto, Humaitá, AM, Brasil;

2. Embrapa Amazônia Ocidental. Rodovia, AM 010, km 29, Zona Rural, Manaus, AM, Brasil;

3. Agência de Desenvolvimento Agrário e Extensão Rural, AGRAER, Ponta Porã, MS, Brasil.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de cultivares de arroz em diferentes tipos de solo na Amazônia ocidental. A pesquisa foi realizada no município de Humaitá, AM, através do experimento em condições de casa de vegetação, no delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições disposto em fatorial 6x3 com seis tipos de solos (solo vermelho de Porto Velho; solos preto e vermelho, solo preto, solo preto e amarelo do município de Humaitá, solo preto do município de Canutama) e com três cultivares de arroz, sendo, SCS 117 CL, SCS 121 CL e SCS 114 ANDOSAN e com quatro repetições. Foram avaliadas as variáveis e utilizou-se o teste Tukey, a 5% de probabilidade, para testar a interação entre as cultivares e os tipos de solo. Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que a cultivar SCS 117 CL obteve a maior média para massa verde da parte aérea. A cultivar SCS 121 CL obteve melhores resultados para desempenho de massa total de grãos e massa de mil grãos, mostrando ser a mais produtiva para o solo preto de Humaitá. A cultivar SCS 114 ANDOSAN obteve o melhor resultado para diâmetro do colmo da planta e diâmetro do colmo do perfilho, largura da espiga da planta, em todos os tipos de solos. Para largura da espiga da planta as medias foram estatisticamente iguais a cultivar SCS 121 CL.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., Solos e Cultivares.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the performance of rice cultivars in different types of soil in western Amazonia. The research was carried out in the municipality of Humaitá, AM, through the experiment in greenhouse conditions, in a completely randomized experimental design (DIC), with four replications arranged in a 6x3 factorial with six types of soil (Porto Velho red soil; black and red, black soil, black and yellow soil of the municipality of Humaitá, black soil of the municipality of Canutama) and with three rice cultivars, SCS 117 CL, SCS 121 CL and SCS 114 ANDOSAN and with four replications. The variables were evaluated and the Tukey test, at 5% probability, was used to test the interaction between cultivars and

soil types. From the results obtained, it can be concluded that the cultivar SCS 117 CL obtained the highest average for green mass of the aerial part. The cultivar SCS 121 CL obtained better results for the performance of total grain mass and mass of one thousand grains, showing to be the most productive for the black soil of Humaitá. The cultivar SCS 114 ANDOSAN obtained the best result for plant stem diameter and tiller stem diameter, plant ear width, in all types of soils. For the width of the ear of the plant, the means were statistically equal to cultivar SCS 121 CL.

Keywords: *Oryza sativa* L., Soils and Cultivars.

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) faz parte da dieta sendo a principal fonte de proteínas e carboidratos para mais da metade da população mundial, estando entre as plantas mais cultivadas no mundo (FAGERIA et al., 2011; STRECK et al., 2019). Seu cultivo acontece em todos os continentes, em dois ecossistemas, o de várzeas sob inundação, e o de terras altas, sendo a Ásia responsável por cerca de 90% do cultivo mundial (FAO, 2019).

A orizicultura no Brasil está situada entre os dez maiores produtores mundiais, destacando-se como o maior produtor da América Latina. Na safra 2017 foram cultivados 1,97 milhões hectares com a cultura do arroz no Brasil, com uma produção de 13,81 milhões de toneladas (CONAB, 2017). Cultivado em todos os estados brasileiros, o arroz ocupa uma posição de destaque do ponto de vista econômico dentre as culturas anuais, tendo o Rio Grande do Sul como principal produtor, contribuindo com 63,95% da produção total. Além disso, esse estado influi fortemente no balanço de produtividade anual nacional deste cereal, em função da alta tecnologia empregada e das variedades adotadas, fazendo com que sua produtividade média seja em torno de 7.600 kg ha⁻¹ e a média nacional em torno de 6.230 kg ha⁻¹ (CONAB, 2011).

O arroz tem grande importância econômica e cultural no Brasil, uma vez que é consumido pela grande maioria da população, sendo tradicional o consumo de arroz e feijão no país. No contexto atual, de crescente aumento populacional e de demanda por novas tecnologias que visam à sustentabilidade da atividade agrícola, é uma proposta cada vez mais atual e estratégica em tempos de aquecimento global.

A recomendação de genótipos específicos para cada ambiente, a estratificação de uma área heterogênea em sub-regiões mais homogêneas e a identificação de genótipos com ampla adaptabilidade e estabilidade, tem sido as alternativas propostas para atenuar o efeito da interação genótipos com os ambientes (PELÚZIO et al., 2010).

A produção nacional de arroz não vem acompanhada do crescimento do consumo. Portanto, há a necessidade de aumentar a produção deste com vistas ao atendimento de demandas futuras. A inserção do cultivo de arroz em áreas de pastagens natural degradadas e o uso de campos naturais pode ser uma alternativa ao desmate da floresta desde que praticado em sistemas agrícolas sustentáveis, explorando-se todas as suas aptidões, poderá tornar-se áreas com elevada produtividade agrícola (RAMALHO et al., 1994). Nesse sentido, se faz necessário o estudo do desempenho de cultivares de arroz em diferentes tipos de solo, de forma que conhecendo a dinâmica, a adoção de prática sustentável e conservacionista como forma de evitar a degradação e assegurando uma maior produtividade.

O arroz é uma cultura rústica que foi se adaptando bem às condições adversas na exploração de solos ácidos, com baixa fertilidade e é tida como pioneira no processo de ocupação agrícola do país, no entanto, possui problemática quanto a sua baixa produtividade, que pode ser justificado pela exposição da cultura aos fatores climáticos como os déficits hídricos, comprometendo os processos metabólicos e fisiológicos da planta, o que resulta em perdas na produção (BOTA et al., 2004).

A heterogeneidade dos ambientes o qual o arroz é cultivado, o expõem a múltiplos estresses abióticos, desde variações de clima e fertilidade do solo. Desta forma, as características do solo, a diversidade de ambiente, aspectos fenotípicos e genotípicos da cultura, são determinados direta e indiretamente pela ação dos fatores externos e são resultado final de todas interações planta-ambiente (GUIMARÃES et al., 2008).

A busca pela melhor expressão morfológica e econômica da espécie de arroz em diferentes tipos de solo e a possibilidade da produção agrícola gerar emprego e renda de forma sustentável pode ser umas das alternativas importantes para torna-la menos dependente de incentivos fiscais e assim contribuir para o desenvolvimento econômico sustentável do país (NUNES et al., 2012).

A avaliação comportamental das cultivares em diversos tipos de solos com posterior identificação de cultivares mais adaptados às variações edafoclimáticas, e que respondam satisfatoriamente nos aspectos produtivos, são fatores imprescindíveis para a recomendação do tipo de solo e cultivar desejável ao produtor, visando maior rentabilidade e principalmente almejando o crescimento regional (MELO et al., 2007). Em virtude do estado do Amazonas ser um local com potencial produtivo e, em vista da sua localização estratégica para escoamento de produção por hidrovia ou terrestre, o mesmo pode se tornar corredor para exportação do produto, com grandes chances de virar polo comercial agrícola, assim como,

pode ocorrer com outras culturas produzidas na região. Neste contexto ressalta que a produção da rizicultura no Amazonas vem aumentando em área e produtividade pelos produtores.

Há demanda por pesquisas em condições de solos na Amazônia Ocidental com o intuito de avaliar o desempenho agrônômico com a cultura do arroz, além disso, ainda há carência de informações científicas a respeito do comportamento de solos e cultivares de arroz nas diversas regiões deste bioma. Neste contexto, esta pesquisa objetivou avaliar o desempenho de três cultivares de arroz (*Oryza sativa*, L.) cultivado em seis tipos de solo na Amazônia Ocidental.

2. MATERIAIS E MÉTODO

O experimento foi instalado em condições de casa de vegetação, no Instituto de Educação, Agricultura e Ambiente da Universidade Federal do Amazonas, nas coordenadas geográficas 07° 30'45.6"S, 063°01'52.5" W e altitude de 63 m no município de Humaitá - AM, durante o ano de 2017. O clima da região, segundo a classificação de Köppen pertence ao grupo A (Clima Tropical Chuvoso) e tipo climático Am (chuvas do tipo monção), apresentando um período seco de pequena duração, com precipitação média anual variando entre 2250 e 2750,00 mm e, com período chuvoso iniciando em outubro e prolongando-se até junho. As médias anuais de temperatura variam em torno de 25 °C e 27 °C e, a umidade relativa do ar varia entre 85% e 90% (Kramer, 2006). Para a coleta dos diferentes tipos de solo com suas características individuais utilizou-se o trado e também marcou os pontos geográficos com o GPS modelo GARMIM® (Tabela 1).

Após a coleta dos solos nos diferentes locais, o material foi devidamente acondicionado, identificado e transportado ao laboratório de análises de solo da Empaer de Várzea Grande no Estado de Mato Grosso (Tabela 2).

Tabela 1. Descrição do uso do solo, localização e histórico das áreas, sob diferentes uso agropecuário na Amazônia Ocidental.

ÁREA DE COLETA	MUNICÍPIO	CARACTERÍSTICAS DA ÁREA
Propriedade:Faz. Santo Inácio Proprietário: Plínio Cella Coordenadas geográficas Latitude: S 08°24' Longitude: W 063°57' Altitude: 85,0m	Porto Velho - RO	Cor do solo: Solo vermelho Cultura: Safra 2004/2006 arroz 2006/2007 soja Aplicação de calcário: 4,0 tonelada por hectare.
Propriedade: Faz. Sombra da Tarde Proprietário: Dorismar Barufi Coordenadas geográficas Latitude: S 07°49' Longitude: W 063°11' Altitude: 72,0 m	Humaitá - AM	Cor do solo: Solo preto/vermelho Cultura: Safra 2006/2007 arroz Aplicação de calcário: não
Propriedade: Faz. Traira Proprietário: Leônidas Sowpinski Coordenadas geográficas Latitude: S 07°33' Longitude: W 063°16' Altitude: 67,0 m	Humaitá - AM	Cor do solo: Solo preto Cultura: safra 2004/2005 amendoim Aplicação calcário: não
Propriedade: Área do Parque Exposição Proprietário: Município de Humaitá Coordenadas geográficas Latitude: S 07°31' Longitude: W 063°04' Altitude: 52,0 m	Humaitá - AM	Cor do solo: Solo preto/amarelo Cultura: safra 2016/2017 arroz Aplicação calcário: 3,5 tonelada por hectare.
Propriedade: Faz. Vale Formoso Proprietário: Vilmar Primom Coordenadas geograficas Latitude: S 08° 27' Longitude: 63° 58' Altitude: 84,0 m	Canutama - AM	Cor do Solo: Solo preto Cultura: pastagem Aplicação calcário: 2,0 tonelada por hectare.
Propriedade: Sítio N.Sa. de Fátima Proprietário: Lauri Carlos Salvador Coordenadas geograficas Latitude: S 08° 24' Longitude: 63° 58' Altitude: 85,0 m	Porto Velho - RO	Cor do solo: Solo preto/vermelho Cultura: Safra 2011/2013 Cana-de-açúcar Aplicação calcário: não

Todas as áreas estudadas neste trabalho tiveram seu revestimento florístico total ou parcialmente removido nos últimos 20 anos com posterior queimada.

Tabela 2. Análise dos solos com atributos químicos e físicos dos solos coletados nos diferentes locais na profundidade de (0 – 20 cm) na Amazônia Ocidental.

SOLOS	LOCAL	QUÍMICAS										FÍSICA				
		pH H ₂ O	pH CaCl ₂	P	K ⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	MO	Areia	Silte	Argila		
CARACTERÍSTICAS		mg/dm ³			cmol/dm ³						g/dm ²	g/kg				
Solo vermelho	Porto Velho - RO	5,10	4,40	0,50	0,13	0,50	0,40	0,10	1,50	8,10	27,00	480,00	180,00	340,00		
Solo preto e vermelho	Humaitá - AM	4,60	4,20	0,20	0,12	0,40	0,30	0,10	2,80	12,50	39,00	520,00	220,00	260,00		
Solo preto	Humaitá - AM	5,00	4,50	1,10	0,08	0,60	0,40	0,20	1,00	7,20	39,00	720,00	140,00	140,00		
Solo preto e amarelo	Humaitá - AM	4,70	4,30	0,40	0,03	0,50	0,40	0,10	1,50	5,50	28,00	580,00	200,00	220,00		
Solo preto	Canutama - AM	5,10	4,50	0,70	0,07	0,70	0,50	0,20	0,30	2,50	11,00	900,00	60,00	40,00		
Solo preto e vermelho	Porto Velho - RO	4,40	4,20	0,50	0,10	0,50	0,40	0,10	2,50	11,10	42,00	620,00	140,00	240,00		

As cultivares de arroz foram semeadas em vasos de 4,0 kg de solo, obtidos a partir da semeadura de quinze sementes por vaso das cultivares SCS 117 CL, SCS 114 ANDOSAN e SCS121CL, no dia 14/02, e efetuado o desbaste logo ao emergir deixando as duas plantas mais vigorosas e uniformes.

Para a adubação de base nas três cultivares de arroz utilizou-se 300,0 kg ha⁻¹ da formulação NPK (02.18.18) e também realizou-se uma adubação de cobertura 50,0kg ha⁻¹ onde foi dividida em duas aplicações iguais, sendo aos 15 DAE e 50 DAE. Realizou-se o controle de insetos e doenças com aplicação de inseticidas e fungicidas.

Para análise do desempenho de cultivares de arroz em diferentes tipos de solo utilizou o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial duplo 6 x 3, sendo seis tipos de solo (solo vermelho de Porto Velho; solos preto e vermelho, solo preto, solo preto e amarelo do município de Humaitá, solo preto do município de Canutama) e três cultivares de arroz (SCS 117 CL, SCS 121 CL e SCS 114 ANDOSAN) com quatro repetições.

As variáveis analisadas foram: altura da planta com panícula, altura da planta com folha bandeira, altura do perfilho com panícula, altura do perfilho com folha bandeira (APPA, APAFBA, APERPAN, APERFBA): a altura de plantas foi aferida desde a superfície do solo ao ápice da panícula em todas as plantas das parcelas experimentais, número de perfilho (NPERF): determinado por meio da contagem de todos os perfilho na parcela; número de panícula (NPAN): contagem do número de panículas contidas em cada unidade experimental no momento da colheita; tamanho da panícula da planta (TPPLAN): distância, em centímetros, da base da panícula à ponta da última espiguetta, determinada na época da colheita em cada vaso; grãos vazios e grãos cheios (GCPERF,GVPERF,GCPLAN,GVLAN) realizou-se a contagem do número de grãos vazios e cheios do total panículas por vaso; massa total de grãos (MTG): foi obtida pela colheita de todas as panículas da parcela; massa verde da parte aérea e massa seca da parte aérea (MSPA, MVPA): as plantas foram cortadas rente ao solo e acondicionadas em sacos de papel, identificadas pesadas, posteriormente transferidas para estufa a 45 °C até obtenção de massa constante; diâmetro do colmo da planta (DCPLAN), diâmetro do colmo do perfilho (DCPERF), largura da espiga do perfilho (LEPERF), largura da espiga da planta (LEPLAN); tamanho da panícula da planta (TPPLAN), tamanho do colmo(TC), massa de 1000 grãos (M1000G) e a produtividade foi obtida pela massa total de grãos sendo corrigida a umidade de 13%.

Para a avaliação dos fatores de produção foi realizada apenas uma amostragem no final do ciclo da cultura aos 120 dias após a emergência quando as plantas se encontravam no estágio R8 (maturidade completa da panícula).

Os dados foram submetidos à análise de variância (teste F), e as médias comparadas pelo teste Tukey e regressão, ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR® (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

Para a altura de plantas com panícula (APPA) de arroz não houve diferença significativa entre os solos dentro do estudo com as cultivares, já a cultivar SCS 121 CL obteve a maior média (1,22cm) para todos os tipos de solos, e as cultivares SCS 117 CL e SCS 114 ANDOSAN obtiveram a menor média (0,81cm; 0,70cm) respectivamente no solo preto vermelho no município de Humaitá (Tabela 3). Esses dados corroboram com estudo de Arf et al. (2001) que a cultura do arroz possui a capacidade da diferenciação do primórdio floral, resultando em um bom desempenho na altura (Tabela 3).

Para a altura de plantas com folha bandeira (APFBA) de arroz não houve diferença significativa entre os solos dentro do estudo com as cultivares, já a cultivar SCS 121 CL obteve a maior média (1,28cm) para todos os tipos de solos, a cultivares SCS 114 ANDOSAN obteve a segunda maior média (0,80cm) ficando a cultivar SCS 117 CL com a menor média (0,83cm) (Tabela 3).

Para Vergara et al. (1965), as cultivares de ciclo longo tem a iniciação da formação do alongamento do entre nó na iniciação do primórdio floral. Sendo que o fotoperíodo exerce forte no comprimento dos entrenós. Para Fageria (1992) o desenvolvimento da altura do perfilho da planta está relacionado a disponibilidade de fósforo no solo e nitrogênio, uma vez que tais nutrientes estimulam o desenvolvimento foliar e o crescimento das plantas (Tabela 3).

A variável altura do perfilho com panícula não apresentou diferença significativa entre o solo dentro do estudo com cultivares. Já a cultivar SCS 121 CL se destacou, apresentando a maior média (1,41 cm) para todos os tipos de solos, em comparação com as cultivares SCS 117 CL e SCS 114 ANDOSAN obtiveram a menor média (0,68cm; 0,72cm) respectivamente no solo preto e amarelo, na cidade de Humaitá. Por outro lado as cultivares SCS 117 CL e SCS 114 ANDOSAN não apresentaram diferença significativa entre si nas médias para todos os tipos de solo (Tabela 3). Esses resultados colaboram com a afirmação feito por Arf et al. (2001), pois plantas com porte alto podem acamar mais facilmente. Por

outro lado, colmos mais curtos facilitam a respiração e aumentam o aproveitamento de produtos fotossintéticos. Já o porte extremamente baixo favorece o aumento do autosombreamento. Portanto plantas com porte intermediário resistem ao acamamento e apresenta menor autosombreamento (FAGERIA, 1989).

As médias de altura do perfilho com folha bandeira para solo não diferiram significativamente, e para as cultivares a média superior foi da cultivar SCS 121 CL para todos os tipos de solo, exceto para o solo preto e amarelo (0,82cm) do município de Humaitá. Nos demais tipos de solos as cultivares SCS 117 CL e SCS 114 ANDOSAN não apresentaram diferença significativa (Tabela 3).

Durante a fase vegetativa, as plantas estão no auge de suas atividades metabólicas, sendo que a emergência e o crescimento rápido da parte aérea serão essenciais na decisão da população predominante na área, pois o indivíduo capaz de expandir primeiro o dossel captará maior radiação e sua taxa de crescimento será superior (Larcher, 2000; Bressan et al., 2006). Para Castro Neto (2009) alturas em torno de 0,90 cm são satisfatórias e pensando em cultivo mecanizado, reduzem as perdas de grãos no momento da colheita.

Tabela 3. Número médio de altura da planta com panícula (APPA), altura da planta com folha bandeira (APAFBA), altura do perfilho com panícula (APERPAN), altura do perfilho com folha bandeira (APERFBA) em três cultivares de arroz (SCS117 CL, SCS121 CL e SCS 114 A) sob diferentes tipos de solo na Amazônia Ocidental, 2017.

Tipos de Solos	Locais	APPA			APFBA			APERPAN			APERFBA		
		(cm)			(cm)			(cm)			(cm)		
		SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN
Solo vermelho	Porto Velho - RO	0,79 Ba	1,16 Aab	0,84 Ba	0,81 Ca	1,26Aa	0,91Ba	0,76 Ba	1,11 Aa	0,74 Ba	0,71 Ba	1,14 Aa	0,78 Ba
Solo preto e vermelho	Humaitá - AM	0,81 Ba	1,22 Aa	0,79 Ba	0,83 Ca	1,32Aa	0,85 Ba	0,76 Ba	0,99 Aa	0,72 Ba	0,77 Ba	1,13 Aa	0,74 Ba
Solo preto	Humaitá - AM	0,82 Ba	1,17 Aab	0,80 Ba	0,80 Ca	1,30 Aa	0,83 Ca	0,70 Ba	1,10 Aa	0,76 Ba	0,67 Ba	1,14 Aa	0,78 Ba
Solo preto e amarelo	Humaitá - AM	0,80 Ba	1,21 Aa	0,78 Ba	0,83 Ca	1,31 Aa	0,81 Ca	0,68 Ba	1,41 Aa	0,72 Ba	0,76 Ba	0,82 Ba	0,74 Ba
Solo preto	Canutama - AM	0,88 Ba	1,10 Ab	0,84 Ba	0,78 Ca	1,40 Aa	0,95 Ba	0,85 Ba	1,07 Aa	0,76 Ba	0,81 Ba	1,20 Aa	0,78 Ba
Solo preto e vermelho	Porto Velho - RO	0,83 Ba	1,18 Aab	0,82 Ba	0,84 Ca	1,29 Aa	0,71 Ca	0,76 Ba	1,03 Aa	0,76 Ba	0,79 Ba	1,20 Aa	0,79 Ba
CV (%)		7,32			8,69			15,64			18,30		

Médias seguidas por letras maiúsculas na linha, compara as cultivares e letras minúscula na Coluna compara os diferentes tipos de solos pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. CV= Coeficiente de variação.

Para a variável diâmetro do colmo da planta houve diferença significativa entre os solos dentro das cultivares, as cultivares SCS 121 CL e SCS 114 ANDOSAN não diferem estatisticamente nas médias, entre si, (4,66mm e 4,92mm) respectivamente, a cultivar SCS 117 CL (4,03mm) apresentou média inferior para o solo do município de Humaitá. Para o solo preto de Canutama, temos médias estatisticamente iguais para as cultivares SCS117

CL e SCS 114 ANDOSAN (4,63mm e 4,76mm), respectivamente. A cultivar SCS 121 CL (3,25mm) apresentou média inferior para o solo preto de Canutama (Tabela 4).

Para a variável diâmetro do colmo do perfilho não houve diferença significativa entre os solos dentro das cultivares. A cultivar SCS 114 ANDOSAN obteve a maior média em todos os tipos de solo (4,80mm) com exceção para o solo preto de Canutama (3,78mm). A menor média foi pra cultivar SCS 121 CL (3,35mm), porém não diferiu estatisticamente da cultivar SCS114 ANDOSAM (3,78mm), sendo que a cultivar SCS 117 CL obteve a maior média (4,30mm) para o solo preto de Canutama (Tabela 4).

Tabela 4. Número médio diâmetro do colmo da planta (DCPLAN), diâmetro do colmo do perfilho (DCPERF), largura da espiga do perfilho (LEPERF), largura da espiga da planta (LEPLAN) em três cultivares de arroz (SCS117 CL, SCS121 CL e SCS 114 ANDOSAN) sob diferentes tipos de solo na Amazônia Ocidental, 2017.

Tipos de Solos	Locais	DCPLAN			DCPERF			LEPERF			LEPLAN		
		(cm)			(cm)			(cm)			(cm)		
		SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN
Solo vermelho	Porto Velho - RO	4,17 Aa	4,81 Aa	4,78 Aa	4,10 Ba	4,00 Ba	4,32 Aa	1,87 Ba	2,20 Aa	2,12ABa	2,05 Aa	2,00 Aa	2,00 Aa
Solo preto e vermelho	Humaitá - AM	4,61 Aa	4,51 Aa	4,90 Aa	4,20 Ba	4,40 Aa	4,80 Aa	1,97 Aa	1,95 Ab	1,95 Aa	2,00 Aa	1,90 Ba	2,00 Aa
Solo preto	Humaitá - AM	4,03 Ba	4,66 Aab	4,92 Aa	4,00 Ba	4,00 Ba	4,55 Aa	1,90 Ba	2,10 ABba	2,17 Aa	2,02 Aa	1,87 Ba	2,20 Aa
Solo preto e amarelo	Humaitá - AM	4,38 Aa	4,72 Aa	5,03 Aa	3,50 Ba	3,90 Ba	4,20 Aa	1,75 Ba	1,82 Bb	2,20 Aa	2,12 Aa	1,82 Ba	1,92 Ba
Solo preto	Canutama - AM	4,63 Aa	3,25 Bb	4,76 Aa	4,30 Aa	3,35 Ba	3,78 Ba	2,00 Aa	2,05 Ab	2,00 Aa	2,00 Aa	1,87 Ba	2,50 Aa
Solo preto e vermelho	Porto Velho - RO	4,50 Aa	4,56 Aa	4,87 Aa	4,00 Ba	3,77 Ba	4,78 Aa	1,97 Aa	2,02 Aab	2,00 Aa	2,00 Aa	1,97 Ba	2,10 Aa
CV (%)		15,35			24,15			7,84			8,87		

Médias seguida por letras maiúsculas na linha, compara as cultivares e letras minúscula na coluna compara os diferentes tipos de solos pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. CV= Coeficiente de variação.

Para o número médio de panículas não houve diferença significativa entre os solos dentro das cultivares. A cultivar SCS 117 CL obteve média superior para todos os solos vermelho de Porto Velho – RO, preto/vermelho de Humaitá – AM, solo preto de Humaitá e solo preto/amarelo de Humaitá – AM, e obteve medias inferior nos solos preto de Canutama e solo preto e vermelho no município de Porto Velho (Tabela 5).

Para o número de perfilho não houve diferença significativa para tipo de solos. Houve diferença significativa entre as cultivares. Para a cultivar de arroz SCS 117 CL o maior número de perfilho ocorreram no solo vermelho de Porto Velho, preto e vermelho de Humaitá, solo preto de Humaitá, solo preto e amarelo de Humaitá, foram superiores ao solo preto de Canutama e ao solo preto e vermelho de Porto Velho (Tabela 5).

Para Fageria (1992), o perfilhamento, a altura de planta está diretamente relacionada à disponibilidade de P à planta. Segundo Guimarães et al. (2002), o início do perfilhamento independe do ambiente, mas o seu desenvolvimento é muito influenciado por fatores como disponibilidade de nutrientes no solo, radiação solar e temperatura. Assim, a quantidade de

perfilho e número de panículas estão correlacionados, e quanto maior o número de perfilho produtivo, maior a quantidade de panículas (FAGERIA, 1982).

Para a o tamanho da panícula da planta não houve diferença significativa para os tipos de solos. Entre as cultivares há diferença significativa. A cultivar SCS 121 CL obteve média superior, em comparação com as cultivares SCS 117 CL e SCS114 ANDOSAN (Tabela 5).

Em relação ao tamanho do colmo para a interação solo/cultivar estatisticamente não houve diferença significativa entre os solos. As cultivares apresentaram diferenças significativas. A cultivar SCS 121 CL obteve média superior em comparação com as cultivares SCS 117 CL e SCS 114 ANDOSAN, que por sua vez não se diferenciaram estatisticamente entre si (Tabela 5). Segundo Schiocchet et al., (2016), o fato da cultivar SCS 121 CL apresentar média superior de tamanho do colmo e comprimento do colmo lhe confere uma resistência ao acamamento, por ser considerada uma planta daninha, com grande capacidade de adaptação aos diferentes tipos de solos.

Para Marzari et al. 2007 afirma que o número de perfilho está diretamente ligado a população de plantas e a dose de nitrogênio. Afirma ainda que menor população de plantas proporcionaria abundantes perfilhamentos. Segundo Guimarães et al. (2002) o início do perfilhamento independe do ambiente, mas seu desenvolvimento é influenciado por fatores como a disponibilidade de nutrientes no solo, radiação solar e temperatura.

O número de panículas está diretamente ligado ao número de perfilho, com o aumento do número de panículas por unidade de área, aumento do número de grãos por panículas ou aumento da porcentagem de grãos cheios, tem efeito diretamente na produtividade (FAGERIA et al., 2003; GUIMARÃES et al., 2002). Segundo Yoshida (1981), genótipos perfilhadores apresentam vantagem, por se adaptarem há vários espaçamentos e densidades de semeadura, e assim, compensarem a semeadura irregular.

Um dos fatores que pode determinar o número de grãos por panícula segundo Neves et al. (2004) é a utilização de fertilizantes nitrogenados, pois este tipo de fertilizante aumenta a fertilidade das espiguetas. Segundo Guimarães et al. (2002), a variável número de grãos por panícula correlacionam-se diretamente com a produtividade. Dessa forma Nascente et al. (2011) diz que especial atenção deve ser dada ao manejo da cultura do arroz, no sentido, de se maximizarem estes valores. Muitos trabalhos como Crusciol et al. (2003), Neves et al. (2004) e Silva et al. (2009) afirmam que um dos principais componentes que determinam a produtividade é o número de panículas por m².

Tabela 5. Número médio de panículas (NPAN), número de perfilho (NPERF), tamanho da panícula da planta (TPPLAN), tamanho do colmo (TC) em três cultivares de arroz (SCS117 CL, SCS121 CL e SCS 114 ANDOSAN) sob diferentes tipos de solo na Amazônia Ocidental, 2017.

Tipos de Solos	Locais	NPAN			NPERF			TPPLAN			TC		
		(quantidade)			(quantidade)			(cm)			(cm)		
		SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN
Solo vermelho	Porto Verelho - RO	7,25 Aa	4,00 Ca	7,50 Aa	10,00 Aa	5,50 Ba	6,55 Ba	23,20 Ba	28,97 Aa	24,00 Ba	56,37 Ba	84,55 Aa	51,82 Ba
Solo preto e vermelho	Humaitá - AM	7,75 Aa	3,50 Ca	7,50 Aa	12,00 Aa	4,75 Ca	6,00 Ba	22,90 Ba	28,60 Aa	23,00 Ba	54,62 Ba	85,57 Aa	54,37 Ba
Solo preto	Humaitá - AM	10,00 Aa	4,00 Ca	7,00 Aa	12,00 Aa	4,25 Ca	7,00 Ba	25,02 Ba	30,40 Aa	24,10 Ba	51,77 Ba	86,60 Aa	52,30 Ba
Solo preto e amarelo	Humaitá - AM	7,50 Aa	3,50 Ca	7,30 Aa	10,75 Aa	3,50 Ca	7,00 Ba	23,32 Ba	21,40 Ba	23,00 Ba	49,87 Ba	79,35 Aa	48,42 Ba
Solo preto	Canutama - AM	8,25 Aa	3,00 Ca	7,00 Aa	8,25 Ba	3,00 Ca	6,00 Ba	25,40 Ba	27,50 Aa	25,00 Ba	57,57 Ba	80,02 Aa	54,87 Ba
Solo preto e vermelho	Porto Velho - RO	7,25 Aa	4,00 Ca	7,80 Aa	7,25 Ba	4,00 Ca	6,30 Ba	23,90 Ba	29,70 Aa	23,00 Ba	47,82 Ba	78,60 Aa	55,82 Ba
CV (%)		24,72			31,90			6,62			13,41		

Médias seguida por letras maiúsculas na linha, compara as cultivares e letras minúscula na coluna compara os diferentes tipos de solos pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. CV= Coeficiente de variação.

Para o tamanho da espiga do perfilho de arroz não houve diferença significativa entre os solos dentro do estudo com as cultivares. As cultivares apresentaram diferenças. A cultivar SCS 121 CL e SCS 114 ANDOSAN se destacaram, não diferiram estatisticamente nas medias já a cultivar SCS 117 CL obteve média inferior para o solo preto do município do município de Canutama (Tabela 6).

Para o tamanho da espiga da planta de arroz não houve diferença significativa entre os solos dentro do estudo com as cultivares.

Para o tamanho da espiga da planta, as cultivares SCS 117 CL, SCS 121C L e SCS 114 ANDOSAN, não diferiram estatisticamente. Para o tamanho da panícula do perfilho não houve diferença significativa para os solos. A cultivar SCS 121 CL obteve media superior em comparação as cultivares SCS 117 CL e SCS 114 ANDOSAN para o solo preto de Humaitá (Tabela 6).

Para o tamanho da panícula da planta de arroz não houve diferença significativa entre os solos no estudo com as cultivares. Para as cultivares houve diferenças significativas. A cultivar SCS 121 CL obteve média superior para todos os tipos de solos, em comparação as cultivares SCS 117 CL e CS 114 ANDOSAN no solo preto no município de Humaitá (Tabela 6). Para Machado et al. (2000) essas diferenças observadas podem estar ligadas a capacidade de absorção de nutrientes pelas raízes, bem como a disponibilidade de macro nutrientes, como o nitrogênio, fósforo e potássio que influenciam na boa formação do embrião, do órgão de reserva e do tecido protetor, conseqüentemente na qualidade fisiológica e estrutural da espiga.

Tabela 6. Número médio com tamanho da espiga do perfilho (TEPERF), tamanho da espiga da planta (TEPLAN), tamanho da panícula do perfilho (TPPERF), tamanho da panícula da planta (TPPLAN) em três cultivares de arroz (SCS117 CL, SCS121 CL e SCS 114 ANDOSAN) sob diferentes tipos de solos na Amazônia Ocidental, 2017.

Tipos de Solos	Locais	TEPERF			TEPLAN			TPPERF			TPPLAN		
		(cm)			(cm)			(cm)			(cm)		
		SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN
Solo vermelho	Porto Velho - RO	9,40 Ca	10,50 Aa	9,92 Ba	9,10 Ba	10,30 Aa	10,07 Aa	24,00 Aa	24,67 Aab	24,30 Aa	23,20 Ba	28,97 Aa	24,00 Ba
Solo preto e vermelho	Humaitá - AM	9,20 Ba	10,22 Aa	9,60 Ba	9,60 Aa	10,10 Aa	10,17 Aa	23,00 Aa	20,27 Ab	23,27 Aa	22,90 Ba	28,60 Aa	23,00 Ba
Solo preto	Humaitá - AM	9,47 Ca	10,42 Aa	9,85 Ba	9,70 Aa	10,20 Aa	9,92 Aa	22,85 Ba	28,91 Aa	23,85 Ba	25,02 Ba	30,40 Aa	24,10 Ba
Solo preto e amarelo	Humaitá - AM	9,40 Ca	10,30 Aa	10,20 Aa	9,50 Aa	10,30 Aa	9,70 Aa	22,00 Ba	26,25 Aa	22,72 ABa	23,32 Ba	21,40 Ba	23,00 Ba
Solo preto	Canutama - AM	9,52 Ba	10,57 Aa	9,95 Aa	9,50 Aa	10,60 Aa	9,80 Aa	23,10 Aa	27,32 Aa	24,65 Aa	25,40 Ba	27,50 Aa	25,00 Ba
Solo preto e vermelho	Porto Velho - RO	9,40 Ca	10,25 Aa	10,17 Aa	9,40 Aa	10,30 Aa	10,07 Aa	23,10 Aa	26,06 Aa	22,27 Aa	23,90 Ba	29,70 Aa	23,00 Ba
CV (%)		4,07			3,86			10,01			6,62		

Médias seguidas por letras maiúsculas na linha, compara as cultivares e letras minúscula na coluna compara os diferentes tipos de solos pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade. CV= Coeficiente de variação.

As médias para grãos cheios do perfilho de arroz não houve diferença significativa para os solos vermelho de Porto Velho, solo preto e vermelho de Humaitá, solo preto de Humaitá, solo preto e amarelo de Humaitá; solo preto de Canutama e solo preto e vermelho de Porto Velho. As médias para grãos cheios do perfilho foram superiores para a cultivar SCS 121 CL foram nos solos preto de Humaitá e solo preto de Canutama, as médias não diferiram estatisticamente. As médias inferiores ficaram com o solo preto e vermelho de Humaitá e Porto Velho (Tabela 7). Para Marchezan et al. (1993) uniformidade de maturação e o completo enchimento do grão no momento da colheita, são fatores determinantes para a obtenção de lotes de grãos e sementes, boa qualidade física e fisiológica. Para as cultivares houve diferença significativa entre si. Muitos trabalhos como Crusciol et al. (2003), Neves et al. (2004) e Silva et al. (2009) afirmam que um dos principais componentes que determinam a produtividade é o número de panículas por m².

Para as médias dos grãos vazios do perfilho não houve diferença significativa para solos. A cultivar SCS 121 CL não diferiu significativamente da cultivar SCS 114 ANDOSAN, que por sua vez foi superior estatisticamente à cultivar SCS 117 CL no solo vermelho de Porto Velho (Tabela 7).

A média para os grãos cheios da planta apresentou diferença significativa para solos. A cultivar SCS 114 CL não diferiu significativamente das cultivares SCS 121 CL (170,75grãos), mas foi superior a cultivar SCS 117 CL (126,25grãos), no solo vermelho de Porto Velho. A cultivar SCS 121 CL obteve menor média (85,00grãos), para o solo preto e amarelo de Humaitá. A cultivar SCS 121 CL (170,00grãos) não diferiu significativamente da cultivar SCS 114 ANDOSAN (172,75grãos), mas foi superior estatisticamente à cultivar SCS 117 CL (126,25grãos) no solo vermelho de Porto Velho. Para o solo preto e amarelo de

Humaitá, as cultivares obterão estatisticamente a mesma médias, cultivar SCS 117 CL (85,00grãos), SCS 121 CL (133,50grãos) e SCS 114 ANDOSAN (141,50grãos) (Tabela 7).

Para a média de grãos vazios das cultivares de arroz, houve diferença significativa entre os solos. A cultivar SCS 121 CL (148,00grãos) não diferiu significativamente da cultivar SCS 117 CL (121,00grãos), mas foi superior estatisticamente à cultivar SCS 114 CL (54,00grãos) no solo preto e amarelo de Humaitá. A cultivar SCS 121 CL obteve menor média de grãos vazio da planta (50,00 grãos) para o solo preto e vermelho de Porto Velho (Tabela 7). Não houve diferença significativa entre a porcentagem de grãos vazios para solos. Guimarães (2002) afirma que a esterilidade da espiguetas que resulta em grãos vazios é afetada tanto na fase reprodutiva como na maturação e são influenciados pelas condições climáticas, níveis de nutrientes, incidência de doenças e pragas, entre outros fatores. A maior porcentagem de grãos vazios foi observada nas cultivares SCS 117 CL e SCS 121 CL. Para Cruz et al. (2017) as cultivares se comportam de forma diferenciada em determinadas regiões apresentando desempenho satisfatório ou não.

Tabela 7. Número médio com grãos cheios do perfilho (GCPERF), grãos vazios do perfilho (GVPERF), grãos cheios da planta (GCPLAN), grãos vazios da planta (GVLAN) em três cultivares de arroz (SCS117 CL, SCS121 CL e SCS 114 ANDOSAN) sob diferentes tipos de solos na Amazônia Ocidental, 2017.

Tipos de Solos	Locais	GCPERF			GVPERF			GCPLAN			GVLAN		
		(quantidade)			(quantidade)			(quantidade)			(quantidade)		
		SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 ANDOSAN
Solo vermelho	Porto Velho - RO	145,25 ABa	84,00 Bbc	173,25 Aa	126,25 Ba	170,00 Aa	172,75 Aa	126,25 Ab	170,00 Aa	172,75 Aa	56,00 Bb	117,30 Aa	53,00 Ba
Solo preto e vermelho	Humaitá - AM	99,25 ABa	61,00 Bc	158,25 Aa	154,00 Aa	164,00 Aa	130,75 Aa	154,00 Aab	164,00 Aab	130,75 Ab	76,00 Ba	116,00 Aa	70,00 Ba
Solo preto	Humaitá - AM	116,25 Ba	200,75 Aa	162,75 Aba	173,00 Aa	248 Aa	179,75 Aa	173,00 Aa	248,00 Aa	179,75 Aa	71,75 Ba	115,00 Aa	101,00 Ba
Solo preto e amarelo	Humaitá - AM	80,25 Aa	86,50 Abc	122,25 Aa	85,00 Ba	133,50 Ba	141,5 Aa	85,00 Ab	133,50 Ab	141,50 Ab	121,00 Ab	148,00 Aa	57,00 Ba
Solo preto	Canutama - AM	132,25 Aa	162,75 Aab	190,00 Aa	204,00 Aa	197,00 Aa	197 Aa	204,00 Aa	197,00 Aa	197,00 Aa	85,50 Ba	87,50 Ba	50,00 Ba
Solo preto e vermelho	Porto Velho - RO	97,50 Aa	74,25 Ac	143,00 Aa	161,50 Aa	179,25 Aa	195,00 Aa	161,50 Aab	179,25 Aa	195,00 Aa	73,00 Ba	179,00 Aa	50, 00 Ba
CV (%)		31,84			40,81			26,55			44,69		

Médias seguida por letras maiúsculas na linha, compara as cultivares e letras minúscula na coluna compara os diferentes tipos de solos pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

As médias para massa seca da parte aérea apresentou diferença significativa para solos. As cultivares SCS117 CL, SCS121 CL não apresentaram diferença estatística significativa entre si, mas foram superiores à média apresentada pela cultivar SCS 14 ANDOSAN para o solo vermelho de Porto Velho (Tabela 8).

Para massa verde da parte aérea não houve diferença significativa para a interação solo/ cultivar, mas houve para cultivar. As cultivares SCS117 CL, SCS121 CL e SCS 114 ANDOSAN não diferiram estatisticamente para o solo preto e vermelho de Porto Velho, já para o solo preto de Canutama houve diferenças estatísticas nas medias das cultivares

SCS117 CL, SCS121 CL e SCS 114 ANDOSAN. Segundo Fageria (1984) o maior incremento da matéria seca está relacionado principalmente com aumento do perfilho (Tabela 8). Larcher (2000) ressalta que entre os elementos principais, o nitrogênio tem grande importância, como componente quantitativo da fitomassa. No entanto, para Fageria (1984) o maior incremento da matéria seca está relacionado principalmente com o aumento de perfilho e índice de área foliar. Já Mauad (2003), constatou em experimento realizado com arroz, que o aumento na dose de nitrogênio aumentou a produção de matéria seca (Tabela 8).

As médias para massa total de grãos das cultivares de arroz apresentou diferença significativa para solos. As medias da cultivar SCS 117 CL não diferiu significativamente entre os solos. Já a média da cultivar SCS 121 CL, diferiu estatisticamente entre o solo preto de Humaitá e o solo preto e vermelho de Porto Velho. Para a cultivar SCS 117 CL, houve diferença significativa no solo vermelho de Porto Velho para o solo preto e vermelho de Porto Velho) (Tabela 8).

As médias para massa de 1000 grãos apresentaram diferença significativa para solos. As médias para massa de grãos 1000g apresentou diferença significativa para solos. As medias da cultivar SCS 117 CL não diferiu significativamente entre os solos. Já as médias da cultivar SCS 121 CL, são estatisticamente iguais entre o solo vermelho de Porto Velho, solo preto e vermelho de Humaitá, solo preto e amarelo de Humaitá e solo preto e vermelho de Porto Velho. Os solos com as maiores médias de massa de 1000 grãos foram o solo preto de Humaitá, e o solo preto de Canutama. As médias para o solo com a cultivar SCS 114 ANDOSAN não diferiram significativamente do solo vermelho de Porto Velho, solo preto e vermelho de Humaitá, solo preto de Humaitá, solo preto e amarelo de Humaitá e solo preto de Canutama, mas foi superior estatisticamente ao solo preto e vermelho de Porto Velho. Para Guimarães (2002) a cultura do arroz é sensível à baixa porosidade do solo, corroborando com o resultado encontrado por Segury & Bouzinac (1992), que relatam ser esta gramínea bastante sensível à condição de baixa macroporosidade do solo, fato que segundo, Guimaraes e Moreira (2001), causa redução no desenvolvimento da parte aérea.

Para Teixeira (2010) o solo preto, apresenta horizontes bem drenados com textura variando entre arenosa e muito argilosa, com boa disponibilidade de água e baixos valores de densidade do solo. Além disso, exibem condições de aeração, porosidade e condutividade hidráulica, adequadas, para promover a infiltração de água e favorecer trocas gasosas. A baixa produtividade observada no solo preto e vermelho corroboram com o observado por Sanchez et al. (1982), que solos com baixa concentração de bases trocáveis, minerais de

argila de atividade baixa, como a caulinita, óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, baixa disponibilidade de fósforo contribui para baixa fertilidade.

Tabela 8. Número médio de massa seca da parte aérea (MSPA), massa verde da parte aérea (MVPA), massa total de grãos (MTG), massa de 1000 grãos (M1000G) em três cultivares de arroz SCS117 CL, SCS121 CL e SCS 114 ANDOSAN sob diferentes tipos de solos na Amazônia Ocidental, 2017.

Tipos de Solos	Locais	MSPA			MVPA			MTG			M1000G		
		SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 Andosan	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 Andosan	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 Andosan	SCS 117 CL	SCS 121 CL	SCS 114 Andosan
Solo vermelho	Porto Velho - RO	21,23 Aa	20,18 Aa	11,73 Ba	58,17 Aa	57,15 Aa	40,81 Ba	41,25 Aa	54,75 Aabc	55,12 Aa	61,87 Aa	82,12 Aabc	82,68 Aa
Solo preto e vermelho	Humaitá - AM	20,49 Aa	22,47 Aa	16,22 Ba	63,02 Aa	60,32 Aa	53,57 Aa	38,25 Aa	49,32 Abc	49,87 Aa	61,87 Aa	73,98 Abc	74,81 Aa
Solo preto	Humaitá - AM	19,28 Aa	20,61 Aa	14,44 Ba	58,16 Aa	51,88 Ba	45,20 Ba	46,50 Ba	72,35 Aa	51,00 Ba	69,75 Ba	108,52 Aa	76,50 Ba
Solo preto e amarelo	Humaitá - AM	20,62 Aa	20,43 Aa	17,28 Ba	54,60 Aa	48,65 Ba	48,90 Ba	31,15 Ba	37,82 Cab	49,73 Aa	46,72 Ba	56,73 Abc	74,58 Aa
Solo preto	Canutama - AM	22,96 Aa	13,43 Ba	14,92 Ba	65,50 Aa	37,96 Ca	40,92 Ba	47,75 Aa	65,37 Aab	56,75 Aa	71,62 Aa	98,06 Aab	85,12 Aa
Solo preto e vermelho	Porto Velho - RO	19,70 Aa	18,58 Aa	14,95 Ba	58,43 Aa	51,69 Ba	43,31 Ba	42,32 Aa	48,25 Abc	10,10 Bb	63,48 Aa	72,37 Abc	15,15 Bb
CV(%)		22,06			22,50			21,63			21,75		

Médias seguidas por letras maiúsculas na linha compara as cultivares e letras minúscula na coluna compara os diferentes tipos de solos pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade.

4. CONCLUSÃO

A cultivar SCS 117 CL obteve a maior média para massa verde da parte aérea. A cultivar SCS 121 CL obteve melhores resultados para desempenho massa total de grãos e massa de mil grãos, mostrando ser a mais produtiva para o solo preto de Humaitá. A cultivar SCS 114 ANDOSAN obteve o melhor resultado para diâmetro do colmo da planta e diâmetro do colmo do perfilho, largura da espiga da planta, em todos os tipos de solos. Para largura da espiga da planta as médias foram estatisticamente iguais a cultivar SCS 121 CL.

5. REFERÊNCIAS

ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, E.; CRUSCIOL, C.A.C. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 6, p. 871-879, 2001.

BOTA, J.; MEDRANO, H.; FLEXAS, J. Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? **New Phytologist**, v. 162, n. 3, p. 671-681, 2004.

BRESSAN, G. M.; et al. Sistema de classificação fuzzy para o risco de infestação por plantas daninhas considerando a sua variabilidade espacial. **Planta Daninha**, v. 24, p. 229- 238, 2006.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos: safra 2016/17**, v. 4, n. 9, Brasília, 2017. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/1704-9-levantamento-safra-2016-17>>. Acesso em: 30/07/2017.

CRAMER, W. A.; et. al. "Global response of terrestrial ecosystem structure and function to CO₂ and climate change: results from six dynamic global vegetation models". **Global Change Biology**, v. 7, p. 357–373, 2001.

CRUSCIOL, C.A.C.; ARF, O.; SORATTO, R.P.; ANDREOTTI, M. Produtividade do arroz de terras altas sob condições de sequeiro e irrigado por aspersão em função do espaçamento entre fileiras. **Agronomia**, v. 37, n. 1, p. 10 -15, 2003.

CRUZ, M.; TORRES, E.; BERRIO, L.; PULVER, E.; JENNINGS, P.; BLANCO, P. Metodologias de evaluación y resultados obtenidos em el programa de tolerância al frio del arroz – fondo latinoamericano para arroz de riego (FLAR). **3º CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 25º REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO**, Balneário Camburiú, SC, 2003.

FAGERIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília, DF: Embrapa-DPU, 1989.

FAGERIA, N.K. **Nutrient use efficiency in crop production**. In: **Maximizing crop yields**. New York: Marcel Dekker, 1992.

FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; GARBER, M.J. Nível ótimo de nutrientes e densidade de plantio de arroz para experimentos em casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 9, p. 1279 - 1284, 1982.

FAGERIA, N.K.; MOREIRA, A.; COELHO, A.M. Yield and yield components of upland rice as influenced by nitrogen sources. **Journal of Plant Nutrition**, v. 34, p. 361-370, 2011.

FAGERIA, NAND KUMAR. **Maximizing crop yields**. Flórida: CRC Press, 1992.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/>>. Acesso em: 04 de agosto de 2019.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

GUIMARÃES, C. M; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 703-707, 2001.

GUIMARÃES, C.M.; FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. Como a planta de arroz se desenvolve. **Informações Agrônomicas**, n. 99, p. 1-12, 2002.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000.

MACHADO, J. da C.; CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Patologia de sementes: significado e atribuições**. In: CARVALHO, NM; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção, Jaboticabal: Funep, 2000.

MARCHEZAN, E.; et al. Relações entre época de semeadura, de colheita e rendimento de grãos inteiros de cultivares de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 28, n. 7, p. 843-848, 1993.

MARZARI, V. M. E; SILVA, L. S. DA; VILLA, S. C. C; SANTOS, F. M. DOS; TELÓ, G. M. - População de plantas, dose de nitrogênio e aplicação de fungicida na produção de arroz irrigado. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 37, n. 4, p. 936-941, 2007.

MELO, L. C.; et al. "Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 715-723, 2007.

NASCENTE, A.S.; KLUTHCOUSKI, J.; RABELO, R.R. OLIVEIRA, P. de; COBUCCI, T.; CRUSCIOL, C.A.C. Desenvolvimento e produtividade de cultivares de arroz de terras altas em função do manejo do solo. **Pesq Agropec Trop Goiânia**, v. 41, n. 2, p. 186-192, 2011.

NEVES, M.B; BUZETTI, S.; ARF, O.; SÁ M.E. de. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura em dois cultivares de arroz com irrigação suplementar. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 26, n. 4, p. 429-435, 2004.

NUNES, C.D.M. **Artigo: Importância do uso de sementes de boa qualidade de arroz irrigado para safra 2011/2012.** Disponível em: <<https://www.grupocultivar.com.br/noticias/artigo-importancia-do-uso-de-sementes-de-boa-qualidade-de-arroz-irrigado-para-a-safra-2011-2012>>. Acesso em 30/06/2021.

RAMALHO, A.R; RICCI, M.; CASTILHA, C., RODRIGUES, A.N.A.; GRAVE, A. **Prognóstico e recomendações agronômicas sobre o uso dos campos de Puciari-Humaitá (AM) para a produção de grãos alimentares.** Porto Velho: EMBRAPA-CNAF Rondônia, 1994.

SÁNCHEZ, P.A., D.E. BANDY, J.H. VILLACHICA & J.J. NICHOLAIDES III. Amazon Basin soils: management for continuous crop production. **Science**, n. 216, p. 821-827, 1982.

SEGUY, L.; et al. **Soil and crop management in pre-Amazonian ecology (1989-1992)**, 1992.

SILVA, E.A. da; SORATTO, R.P.; ADRIANO, E.; BISCARO, G.A. Avaliação de cultivares de arroz de terras altas sob condições de sequeiro em Cassilândia, MS. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 298-304, 2009.

STRECK, E. A.; AGUIAR, G. A.; FACCHINELLO, P. H. K.; MAGALHAES JUNIOR, A. M.; KRUGER, T. K.; PARFITT, J. M. B. Desempenho agronômico de cultivares de arroz sob sistema de irrigação por aspersão e inundação. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, p. 1-7, 2019

TEIXEIRA, W. G.; et al. **As propriedades físicas e hídricas dos horizontes antrópicos das terras pretas de índio na Amazônia Central.** 2009. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/34972/1/Terra-Preta2.pdf>>. Acesso em 30/06/2021.

VERGARA, B. S.; LILIS, R.; TANAKA, A. Studies of the internode elongatio of the rice plant. I. Relationship between growth duration and internode elngatio. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 11, p. 246-250, 1965.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science.** Los Baños: IRRI, 1981.

EFICIÊNCIA DE EXTRATOS VEGETAIS SOBRE *Meloidogyne incognita* (raça 03) EM TOMATE

Larissa Fernanda Andrade Souza¹, Tiago Yukio Inoue², Nathália Nascimento Guimarães¹, Lara Nascimento Guimarães¹, Ananda dos Santos Vieira¹, Ana Caroline de Sousa Barros¹ e Gabriella Alves Ramos¹

1. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, Lavras, Minas Gerais, Brasil;
2. Universidade Federal de Lavras (UFLA), Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

RESUMO

A busca por métodos alternativos de controle de nematoide se faz necessária, direcionando pesquisas para a descoberta de novas substâncias bioativas, com menos efeitos negativos ao meio ambiente. Dentre as alternativas estudadas, o efeito de extratos vegetais tem sido relatado. Neste trabalho, a adição ao solo dos extratos vegetais de 05 espécies de plantas foi avaliada. O nematoide avaliado foi o *Meloidogyne incognita* raça 03 em plantas de tomate, em casa de vegetação, no Campo Experimental do UNIVAG- Centro universitário, em Várzea Grande. Os extratos vegetais foram obtidos de folhas de *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, Girassol (*Helianthus annuus*), Nabo Forrageiro (*Raphanus sativus*) e Mamona (*Ricinus communis*). Os tratamentos foram montados em delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos e quatro repetições, sendo duas testemunhas (positiva e negativa). Após 65 dias avaliou-se a matéria seca e fresca da parte aérea, peso de raiz, volume radicular, número de galhas, massas de ovos e número de ovos no sistema radicular. Os extratos de *C. juncea* e girassol apresentaram redução significativa de galhas e ovos de *M. incognita* raça 03 quando comparado com os demais tratamentos.

Palavras-chave: Girassol, Nabo forrageiro e Nematoide das galhas.

ABSTRACT

The search for alternative methods of nematode control is necessary, directing research for the discovery of new bioactive substances, with fewer negative effects on the environment because they are natural products. Among the alternatives studied, the effect of plant extracts has been reported. In this work, the addition to the soil of plant extracts of 05 plant species was evaluated. The nematode evaluated was the *Meloidogyne incognita* race 03 in tomato plants, under greenhouse conditions, at the UNIVAG Experimental Field - University Center, Várzea Grande. The plant extracts were obtained from leaves of *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, Sunflower (*Helianthus annuus*), Grasshopper (*Raphanus sativus*) and Mamona (*Ricinus communis*). The treatments were set up in a completely randomized design with seven treatments and four replicates, two of which were positive and negative. After 65 days

the dry and fresh matter of the aerial part, root weight, root volume, number of galls, egg masses and number of eggs in the root system were evaluated. The extracts of *C. juncea* and sunflower showed a significant reduction in root-knot and eggs of *M. incognita* race 03 than the other treatments.

Keywords: Sunflower, Forage turnip and Root knot nematode.

1. INTRODUÇÃO

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* sp. Goeldi, 1887 (Chitwood, 1949) são patógenos conhecidos como os formadores de galhas em raízes, e apresentam maior importância por serem cosmopolita e polípagos, causando elevados prejuízos à agricultura (FERRAZ et al., 2016). Estes parasitas dividem-se em espécies, dentre as quais, destacam-se o *M. incognita* e o *M. javanica*, parasitando as raízes e reduzindo o potencial produtivo de importantes culturas econômicas (PEREIRA-CARVALHO et al., 2014).

Na tentativa de diminuir as populações dos nematoides das galhas, diversas táticas de controle têm sido empregadas, como produtos químicos, biológicos, rotação de culturas com espécies não hospedeiras, cultivares resistentes, uso de plantas antagonistas e a incorporação de matéria orgânica (FERRAZ et al., 2012). O controle químico é o mais utilizado após o estabelecimento do nematoide, no entanto, apresenta desvantagens, como elevadas custos de produção, são altamente tóxicos, podendo selecionar mecanismos de resistência, possui amplo espectro de ação sobre organismos benéficos e impacto ao meio ambiente (OLIVEIRA et al., 2005).

Em função destes problemas, a busca por métodos alternativos de controle se faz necessária, direcionando pesquisas para a descoberta de novas substâncias bioativas, que apresentem menos efeitos negativos por serem produtos naturais. Dentre as alternativas estudadas, o uso de extratos vegetais de plantas com potencial nematicida, tem demonstrado eficiência satisfatória. As espécies botânicas que sintetizam compostos eficientes no controle de nematoides estão os *Tagetes* sp. (cravo-de-defunto), *Azadirachta indica* A. Juss (nim), *Mucuna pruriens* var. *utilis* (mucuna), *Ricinus communis* L. (mamona), *Crotalaria* sp. (crotalaria) (AMARAL et al., 2002; SILVA; PEREIRA, 2008; CARBONI; MAZZONETTO, 2013; FERREIRA et al., 2013), dentre outras.

Acrescenta-se a isso o fato das plantas produzirem uma diversidade de compostos orgânicos que não possuem função direta no seu crescimento e desenvolvimento. Esses compostos são chamados de metabólitos secundários, que são produtos finais das reações

ocorridas no seu metabolismo, podendo fornecer proteção contra ataques de organismos patogênicos e pragas, além de atrair ou repelir outros organismos, como os fitonematoides. O seu efeito sobre a eclosão e o desenvolvimento sobre esses parasitas tem sido comprovado por diversos trabalhos (DI STASI, 1996; COSTA et al., 2002; SALGADO; CAMPOS, 2003; FRANZNER et al., 2007; BALDIN et al., 2012).

Borges et al. (2013), estudando a atividade nematicida de extratos vegetais de folhas de *Crotalaria juncea*, observaram 100% de controle de mortalidade de *M. incognita*, em teste in vitro. Em estudo realizado com extrato vegetal de sementes de girassol, Silva (2012) observou alta mortalidade e redução da infectividade (número de galhas e ovos.g⁻¹ de raiz) em tomateiros quando os juvenis de segundo estágio (J₂) de *M. incognita* foram expostos aos compostos orgânicos voláteis do girassol. Gardiano (2006), realizou ensaios com extratos de hortelã, bardana e mamona via solo com nematoide *M. javanica* e analisou a eficiência na redução de número de ovos em 81,7%, 75,9% e 56,6% respectivamente. Não há estudo sobre as folhas de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) utilizado como extratos vegetais aplicados via solo no controle de *Meloidogyne* sp., mas sabe-se que as raízes de nabo forrageiro exsudam substâncias químicas que ajudam a suprimir pragas do solo, como nematoides, essas substâncias, são chamados de glucosinolatos (JACOBS, 2012).

O uso de extratos vegetais brutos no manejo desses parasitas, em relação aos produtos químicos se destaca com algumas vantagens, como fácil biodegradação, incapacidade dos patógenos de inativar os metabolitos derivados dos vegetais, menor toxidez e possui amplo modo de ação, podendo ter seus componentes ativos isolados, identificados e sintetizados quimicamente pela indústria (CHITWOOD, 2002). Esses extratos podem ser aplicados diretamente pelos agricultores, representando uma alternativa a mais na proteção das lavouras, principalmente na agricultura orgânica e podendo reduzir os custos de produção, em casos onde não seja necessária a aplicação de grandes volumes do extrato, e este apresente uma boa eficiência em reduzir as populações de nematoides.

Portanto, o objetivo do trabalho foi observar a eficiência de extratos vegetais de crotalárias, girassol, nabo forrageiro e mamona sobre *Meloidogyne incognita* (raça 03) em tomate.

2. MATERIAIS E MÉTODO

O experimento foi conduzido no UNIVAG - Centro Universitário de Várzea Grande, localizado em Várzea Grande – MT, no laboratório de Fitopatologia e no Campo experimental, de outubro a dezembro de 2018. Utilizou-se, nesse ensaio, o delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo sete tratamentos (Tabela 1) e quatro repetições.

Tabela1. Números e tratamentos utilizados no experimento

Número	Tratamentos
1	Testemunha negativa (não inoculado e sem adição de extrato)
2	Testemunha positiva (inoculado e sem adição de extrato)
3	Extrato de <i>Crotalaria juncea</i>
4	Extrato de <i>Crotalaria ochroleuca</i>
5	Extrato de Girassol
6	Extrato de Nabo forrageiro
7	Extrato de Mamona

A metodologia para obtenção do extrato vegetal das espécies utilizadas foi a descrita por Ferris e Zeng (1999), com modificações. As folhas de plantas coletadas no Centro da Acrimat (*Crotalaria juncea*, *C. ochroleuca*, nabo forrageiro e girassol) e do UNIVAG (mamona) foram submetidas ao processo de secagem em estufa, a 60°C por 72 horas, seguida de trituração em liquidificador até apresentar aspecto de pó e armazenadas no escuro até a utilização do ensaio. A proporção utilizada foi 10 g de folhas secas em pó de cada espécie de planta com 200 mL de água destilada. Após 24 horas em descanso, os extratos foram filtrados, em cama dupla de gazes, e utilizados em seguida. Foram adicionados ao solo de cada vaso, na forma de rega, 20 mL dos extratos vegetais de cada tratamento. Para o tratamento controle (testemunha positiva e negativa), foram aplicados somente água destilada ao solo. A aplicação foi feita a cada vinte dias por um período de 65 dias.

O inóculo foi obtido a partir de populações puras de *M. incognita* raça 03, multiplicada em plantas de algodoeiro, mantidas em casa de vegetação. Para a extração dos ovos, foi empregado o método de Bonnetti e Ferraz (1981), em que raízes do algodoeiro foram trituradas em solução de hipoclorito de sódio à 0,5% por 60 segundos, à baixa rotação. Também foi utilizado a metodologia de Jenkis (1964), que consiste na técnica de flotação,

peneiramento e centrifugação, empregando-se o caolim na técnica de Coolen e D'herde (1972), para facilitar a visualização e avaliação da população. Após a extração foi feita a contagem e calibração (2300 ovos/vaso) para ser utilizado no ensaio, com o auxílio da câmara de contagem (Câmara de Peters) através do microscópio estereoscópio (aumento de 400x).

Para montagem do experimento foram utilizados vasos plásticos com capacidade de 2 L, onde o substrato utilizado foi uma mistura de solo e areia (1:1), previamente esterilizada em uma lona estendida ao sol por cinco dias, e em cada vaso foi transplantada uma muda de tomateiro. Em seguida, infestou-se o substrato com uma suspensão de 1 mL com 2.300 ovos de *M. incognita*, utilizando uma pipeta automática, aplicando em duas aberturas que foi realizada com auxílio de um bastão de vidro a dois cm de profundidade, distanciados 1,0 cm entre si e do hipocótilo das plantas. As mudas de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) foram obtidas de sementes da cultivar Santa Clara semeadas em bandejas de isopor contendo um substrato organomineral (Plantmax).

As avaliações ocorreram 65 dias após a instalação do ensaio, por tanto os vasos foram transferidos ao laboratório de Fitopatologia no qual foi realizado as avaliações das variáveis agrônômicas: matéria fresca parte aérea e massa fresca da raiz. A parte aérea e raízes foram separados e pesado individualmente cada, em balança semi-analítica para obter o peso fresco e em seguida, a parte aérea foi levada para a estufa de circulação de ar a 60°C para secagem, durante 72 horas. Após o material seco, foi pesado na balança semi analítica para obtenção da matéria seca parte aérea e o volume radicular. A técnica utilizada para a obtenção do sistema radicular foi a medição do deslocamento de volume de água em proveta graduada. O número de ovos, foi obtido pela técnica de Bonnetti e Ferraz (1981), junto com técnica de Coolen e D'Herde, (1972), e Jenkis (1964). A contagem do número de ovos para a calibração da concentração foi realizada com o auxílio de câmara de Peters e de microscópio estereoscópio. Na avaliação de índice de massas de ovos, as raízes foram imersas em solução de Phloxine B (1 ml/ 100 ml de água) por 15 minutos seguindo a metodologia de Dickson e Struble (1965), para coloração e contagem das massas de ovos dos nematoides, que foram contadas sob lupa de vidro com aumento de dez vezes. Para contagem do número de galhas, utilizou-se a mesma metodologia, sem coloração com Phloxine B.

Os dados obtidos foram classificados com distribuição não normal, assim, foram transformados em raiz ($x + 1$), a seguir, submetidos à análise de variância, para obtenção dos

valores de F. Para comparação das médias, foi empregado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo utilizado o programa estatístico SASM-AGRI (CANTERI et al., 2001).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento, em relação ao peso da parte aérea de nenhum tratamento foi significativamente, e a aplicação dos extratos de nabo forrageiro, *Crotalaria juncea* e mamona, na comparação do peso das raízes, apresentaram resultados semelhantes, diferindo estaticamente das testemunhas (positiva e negativa) (Tabela 2).

O extrato de *Crotalaria ochroleuca*, obteve resultados de peso de raízes igual ao da testemunha positiva. Para o tratamento com extrato de folhas de girassol, o peso foi inferior ao da testemunha positiva, e não diferiu da testemunha negativa.

Ainda, nesse estudo não foi observada diferença do volume radicular nos tratamentos avaliados.

Os tratamentos com extrato vegetal de *C. juncea*, girassol, *C. ochroleuca*, mamona e nabo forrageiro, reduziram o número de galhas (Tabela 2), por sistema radicular, das plantas tratadas, em 62,67%, 56,18%, 49,92%, 48,75% e 46,14%, respectivamente e diferiram estaticamente da testemunha positiva.

As massas de ovos (Tabela 2) por sistema radicular foram reduzidas pela aplicação ao solo dos extratos de folhas de girassol, *C. juncea*, mamona, *C. ochroleuca*, e nabo forrageiro na ordem de 47,78%, 47,35%, 41,9%, 41,18%, 34,94%, diferindo da testemunha positiva.

O número de ovos nos sistemas radiculares do tomateiro (Tabela 2) foi alterado com o tipo de extrato orgânico empregado, mostrando efeito sobre o patógeno. Redução no número de ovos em raízes de tomate, inoculados com *M. incognita*, ocorreu em aplicações de extratos vegetais de girassol 51,21% e *C. juncea* 44%, quando comparado à testemunha positiva e diferindo dos demais tratamentos.

Gardiano et al. (2010) avaliaram o efeito nematicida de extratos de folhas de *Crotalaria* sp. e observaram redução de 33% no número de galhas de *M. javanica*, na concentração de 0,2 g.mL⁻¹, quando aplicado via solo em plantas de tomateiro. Borges et al. (2013), também demonstraram que o extrato de folhas de *C. juncea*, através de teste *in vitro*, obteve controle sobre a eclosão de *M. incognita*.

Tabela 2. Resultados obtidos do tomate variedade Santa cruz inoculado com *Meloidogyne incognita* raça 03 e submetidos a extratos vegetais

Variáveis agrônômicas				
TRATAMENTOS	PR* (g)	PFFPA* (g)	PSPA* (g)	Volume radicular (mL)
Testemunha negativa	4,6 b	100,08 a	17,45 a	3,48 a
Testemunha positiva	13,1 a	90,42 a	15,79 a	3,63 a
<i>C. juncea</i>	8,16 ab	57,65 a	18,48 a	3,31 a
<i>C. ochroleuca</i>	10,3 a	94,15 a	18,76 a	3,31 a
Girassol	4,67 b	91,73 a	22,87 a	2,47 a
Nabo forrageiro	9,51 ab	84,8 a	16,08 a	3,48 a
Mamona	8,1 ab	67,87 a	16,06 a	3,3 a
CV (%)	29,76	33,36	36,27	22,4
Variáveis do parasitismo				
TRATAMENTOS	Número de galhas/raiz	Massas de ovos/raiz	Número de ovos/raiz	
Testemunha negativa	0 c	0 c	0 c	
Testemunha positiva	18,75 a	13,94 a	15,29 a	
<i>C. juncea</i>	7,0 b	7,34 b	8,57 b	
<i>C. ochroleuca</i>	9,39 b	8,20 b	14,82 a	
Girassol	8,21 b	7,28 b	7,46 b	
Nabo forrageiro	10,10 b	9,07 b	10,81 ab	
Mamona	9,61 b	8,10 b	14,28 a	
CV (%)	22,76	21,65	58,59	

*PR: Peso de raízes; PFFPA: peso fresco parte aérea; PSPA: peso seco parte aérea e volume do sistema radicular de plantas de tomateiro, com extratos aquosos de cinco espécies vegetais adicionados ao solo. Médias seguidas pela mesma letra, sobre as colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação às espécies, girassol e nabo forrageiro que também promoveram diminuição de galhas, há relatos de alguns autores que já demonstraram que essas espécies possuem efeitos nematicidas. O extrato de nabo forrageiro teve redução de 29,31% e não demonstrou uma eficiência tão expressiva quando comparado com os extratos de girassol e *C. juncea*, mas obteve redução no número de ovos encontrados no sistema radicular.

Os resultados estão de acordo com aqueles obtidos por Azam et al. (2001), que obtiveram redução no número de ovos produzidos por *M. incognita* em teste, in vitro, quando utilizaram extrato vegetal de girassol. Gardiano (2006), relatou que o extrato de girassol

aplicado via pulverização foliar, apresentou um efeito no controle de *M. javanica* de 35,62%, quanto ao número de galhas, diferindo da testemunha. Neste trabalho o extrato de girassol reduziu em 56,18% o número de galhas sobre *M. incognita* do extrato aplicado no solo.

Os extratos vegetais de *C. ochroleuca* 3,8% e mamona 6,61% não mostraram efeito significativo na redução no número de ovos e não diferiram estaticamente da testemunha positiva.

Resultados similares foram encontrados por Costa et al. (2002), com extrato vegetal de folhas de mamona sobre *M. incognita*, e não observaram efeito nematicida em raízes de tomateiro em relação ao número de ovos. Esse fato pode ser devido aos compostos secundários que só seriam liberados a partir da decomposição das folhas incorporadas ao solo, como cita Dias et al. (2000). Ou o princípio ativo pode ter sido degradado devido ao modo de extração, pois há compostos que são altamente solúveis em água, sendo necessário outro tipo de solvente para que se possa extraí-los e mantê-los ativos por mais tempo (GARDIANO et al., 2009). Já Rich et al. (1989) afirma que essa espécie já é conhecida por possuir metabolitos secundários, como a ricina, que poderiam ser usados no controle de fitonematoide.

Crotalárias, como a espécie *C. ochroleuca*, são bastante efetivas no impedimento da multiplicação dos nematoides, devido à produção de monocrotalina, que suprime o desenvolvimento do parasita (CALEGARI et al., 1993). As Brassicaceae não são boas hospedeiras de *Meloidogyne* sp. Poucos ovos de *M. javanica* foram observados em nabo forrageiro em casa de vegetação (MCLEOD et al., 2001). Porém, nesse ensaio não foi satisfatório o extrato de *C. ochroleuca* e nabo forrageiro, em relação ao número de ovos encontrado nas raízes, vale ressaltar que, o modo de extração, o solvente utilizado, a espécie, a técnica de coleta e vários outros fatores podem interferir na liberação dos metabólitos secundários.

4. CONCLUSÃO

Nas condições desse ensaio, pode-se concluir que os extratos aplicados no solo, mostraram efeitos sobre o nematoide *Meloidogyne incognita* raça 03, porém os extratos de folhas de *Crotalaria juncea* e de girassol foram mais eficientes sobre esse patógeno,

mostrando redução no número de massas de ovos, número de galhas e número de ovos encontrados no sistema radicular.

Por meio de novos estudos no campo e armazenamento dos extratos, pretende-se uma melhor maneira de aplicação do produto para o produtor rural.

5. REFERÊNCIAS

AMARAL, D.R.; OLIVEIRA, D.F.; CAMPOS, V.P. CARVALHO, D.A. Efeito de extratos vegetais na eclosão, mobilidade, mortalidade e patogenicidade de *Meloidogyne exigua* do café. **Nematologia Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 43-48, 2002.

AZAM, M.F.; MEHMOOD, R.K.; SHAMIM, A. Effect of plant extract of some members of Asteraceae on hatching and mortality of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. **Bionotes**, v. 3, n. 1, p. 9-10, 2001.

BALDIN, E. L. L.; SOUZA, D. R.; SOUZA, E. S.; Beneduzzi, R. A. Controle de mosca-branca com extratos vegetais, em tomateiro cultivado em casa-de-vegetação. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 602-606, 2007.

BONETI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey e Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 6, n. 3, p. 553, 1981.

BORGES, F. G.; KUHN, O.J.; BATTISTUS, A.G.; ESTEVEZ, R.L.; COLTRO, S. Toxicidade de tratamentos alternativos e químicos in vitro sobre *Tubixaba tuxaua* e *Meloidogyne incognita*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 12, n. supl, p. 440–449, 2013.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDNER, L.P.; COSTA, M.B.B.; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: Editora AS-PTA, 1993.

CAMPOS, V.P.; CAMPOS, J.R.; SILVA, L.H.C.P.; DUTRA, M.R. Manejo de nematoides em hortaliças. In: SILVA, L.H.C. P.; CAMPOS, J.R.; NOJOSA, G.B.A. **Manejo integrado: doenças e pragas em hortaliças**. Lavras: UFLA, 2001.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, n. 2, p. 18-24. 2001.

CARBONI, R. Z.; MAZZONETTO, F. Efeito do extrato aquoso de diferentes espécies vegetais no manejo de *Meloidogyne incognita* em tomateiro em ambiente protegido. **Revista Agrogeoambiental**, v. 5, n. 2, p. 61-66, 2013.

CHITWOOD, D.J. Phytochemical based strategies for nematode control. **Annual Review of Phytopathology**, v. 40, p. 221–249, 2002.

COOLEN, W.A.; D'HERDE, C.J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissues**. Ghent: State Agriculture Research Centre, 1972.

COSTA, M.J.N.; CAMPOS, V.P.; PFENNING, L.H.; OLIVEIRA, D.F. Patogenicidade e reprodução de *Meloidogyne incognita* em tomateiros (*Lycopersicon esculentum*) com aplicação de filtrados fúngicos ou extratos de plantas e de esterco. **Nematologia Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 5-12, 2002.

DI STASI, L.C. **Plantas Medicinais: Arte e Ciência. Um guia de estudo Interdisciplinar**. São Paulo: UNESP, 1996.

DIAS, C.R.; RIBEIRO, R.C.F.; FERRAZ, S.; VIDA, J.B. Efeito de frações de esterco bovino na eclosão de juvenis de *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, v. 23, p. 34-39, 2000.

DICKSON, D. W.; STRUBLE, F. B. A sievingstaining technique for extraction of egg mass of *Meloidogyne incognita* from soil. **Phytopathology**, v. 55, p. 497, 1965.

FERRAZ, L.C.C.B.; BROWN, D.J.F. **Nematologia de plantas: fundamentos e importância**. Manaus: Norma Editora, 2016.

FERRAZ, S. et al. **Manejo Sustentável de Fitonematoides**. Viçosa, MG: UFV, 2012.

FERRAZ, S.; FREITAS, L.G. **O controle de fitonematoides por plantas antagonistas e produtos naturais**. Departamento de Fitopatologia-UFV, 2008.

FERREIRA, I. C. M.; SILVA, G. S. da; NASCIMENTO, F. S. Efeito de extratos aquosos de espécies de Asteraceae sobre *Meloidogyne incognita*. **Summa phytopathol**, v. 39, n. 1, p. 40-44, 2013.

FERRIS, H.; ZHENG, L. Plant sources of chinese herbal remedies: effects on *Pratylenchus vulnus* and *Meloidogyne javanica*. **Journal of nematology**, v. 31, n. 3, p. 241-263, 1999.

FRANZENER, G.; MARTINEZ-FRANZENER, A.S.; STANGARLIN, J.R.; FURLANETTO, C.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F. Proteção de tomateiro a *Meloidogyne incognita* pelo extrato aquoso de *Tagetes patula*. **Nematologia Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 27- 37, 2007.

GARDIANO, C. G. **A atividade nematicida de extratos aquosos e tinturas vegetais sobre *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949**. (Dissertação) Mestrado em Fitopatologia – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

GARDIANO, C. G.; DALLEMOLE-GIARETTA, R.; LOPES, E. A.; ZOOCA, R. J. F.; FERRAZ, S.; FREITAS, L. G. Atividade nematicida de extratos de sementes de espécies de *Crotalaria* sobre *Meloidogyne javanica*. **Revista Trópical - Ciência Agrária e Biológica**, v. 4, n. 1, p. 3-7, 2010.

GARDIANO, C.G; FERRAZ, S; LOPES, E.A; FERREIRA, P.A; AMORA, D.X; FREITAS, L.G. Avaliação de extratos aquosos de várias espécies vegetais, aplicados ao solo, sobre *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949. Seminário: **Ciências agrárias**, v.30, p. 551-556, 2009.

JACOBS, A. Plant Guide for oilseed radish (*Raphanus sativus* L.). **USDA-Natural Resources Conservation Service**, Booneville Plant Materials Center. Booneville, AR 72927, 2012.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal – flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, v. 48, p. 692. 1964.

MCLEOD, R.W; KIRKEGAARD, J.A; STEEL, C.C. Invasion, development, growth and egg laying by *Meloidogyne javanica* in Brassicaceae crops. **Nematology**, v. 3, n. 5, p 463-472, 2001.

OLIVEIRA, F. S.; ROCHA, M.R.; REIS, A.J.S.; MACHADO, V.O.F.; SOARES, R.A.B. Efeito de produtos químicos e naturais sobre a população de nematoide *Pratylenchus brachyurus* na cultura da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 171-178, 2005.

PEREIRA-CARVALHO, R. C.; RESENDE, R. O; DUVAL, A. Q.; COSTA, H.; LOPES, C. A.; BOITEUX, L. S.; et al. Doenças do tomate (*Solanum lycopersicum* L.). **Sociedade Brasileira de Fitopatologia** (SBF). 2014. Disponível em: <<http://www.sbfito.com.br/divulgacao/DoencasdoTomate.pdf>>. Acesso em: 24/03/2018.

RICH, J. R.; RAHI, G. S.; OPPERMAN, C. H. Influence of the castor bean (*Ricinus communis*) lectin (Ricin) on motility of *Meloidogyne incognita*. **Nematropica Bradenton**, v. 19, n. 1, p. 99–103, 1989.

SALGADO, S.M.L.; CAMPOS, V.P. Eclosão e mortalidade *Meloidogyne exigua* em extratos e em produtos naturais. **Fitopatologia Brasileira**. v. 28. n. 2. p. 166-170. 2003.

SILVA, G. S.; PEREIRA, A, L.; BASTOS, C. N.; MENDONÇA, V. C. M. Efeito da incorporação de nim ao solo sobre o complexo de *Fusarium* x *Meloidogyne incognita* em quiabeiro. **Summa Phytopologia**, v. 34, n. 4, p. 368-370. 2008.

SILVA, J.C.P. **Toxicidade de compostos orgânicos voláteis de *Cymbopogon nardus*, *Piper nigrum*, *Brassica oleracea*, *Helianthus annuus* e *Bertholletia excelsa* a *Meloidogyne incognita***. (Dissertação) Mestrado em Fitopatologia – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2012.

EFEITO TÓXICO DO EXTRATO DAS PARTES AÉREAS DA ERVA MATE: ESTUDO *in vitro* COM ERITRÓCITOS PREVIAMENTE EXPOSTOS AO HERBICIDA 2,4D

Jamille Felipi Bonazza¹, Jéssica dos Santos Goulart¹, Thayná Oliveira Dias¹, Caroline Alegransi¹, Gabrielly Machado Ribeiro¹, Erika Emanuele Costa Rodrigues¹ e Roberta Cattaneo¹

1. Universidade de Cruz Alta (UNICRUZ), Laboratório de Plantas Medicinais e Estresse Oxidativo (LamOX), Cruz Alta, RS, Brasil.

RESUMO

Objetivou-se neste estudo avaliar o efeito toxicológico do extrato das partes aéreas da Erva Mate (EM), a partir de testes *in vitro* com eritrócitos humanos previamente expostos ao ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D). Para isto foi realizada análise fitoquímica do extrato da EM e este extrato foi utilizado para realização dos testes *in vitro*, utilizando o extrato nas concentrações de 0,100; 0,250 e 0,500mg/mL em eritrócitos humanos que foram anteriormente expostos ao herbicida 2,4D. Determinações dos níveis das Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), níveis da Glutathiona Reduzida (GSH) e a atividade da Catalase (CAT) foram realizadas afim de mensurar o funcionamento do sistema antioxidante após as exposições. Apesar de termos encontrado no extrato flavonóides e taninos, em todas as concentrações dele testadas, houve aumento dos níveis de TBARS e da GSH e diminuição da atividade da CAT. Demonstrando um efeito tóxico do extrato hidroetanólico das partes aéreas da EM nas concentrações (0,100; 0,250 e 0,500 mg/mL), frente a eritrócitos previamente expostos ao 2,4-D.

Palavras-chave: Estresse oxidativo, Pesticidas e *Ilex Paraguariensis*.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the toxicological effect of the extract of aerial parts of Erva Mate (EM), from *in vitro* tests with human erythrocytes previously exposed to 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D). For this, a phytochemical analysis of the MS extract was performed and this extract was used to perform the *in vitro* tests, using the extract in concentrations of 0.100; 0.250 and 0.500mg / mL in human erythrocytes that were previously exposed to the 2.4D herbicide. Determinations of the levels of Reactive Substances to Thiobarbituric Acid (TBARS), levels of Reduced Glutathione (GSH) and the activity of Catalase (CAT) were carried out in order to measure the functioning of the antioxidant system after exposures. Although we found flavonoids and tannins in the extract, in all concentrations tested, there was an increase in TBARS and GSH levels and a decrease in CAT activity.

Demonstrating a toxic effect of the hydroethanolic extract of aerial parts of MS in concentrations (0.100; 0.250 and 0.500 mg / mL), against erythrocytes previously exposed to 2,4-D.

Keywords: Oxidative stress, Pesticides and *Ilex Paraguariensis*.

1. INTRODUÇÃO

Os herbicidas são agroquímicos que agem na redução do NADPH e na inibição da fixação de CO₂ promovendo a produção de superóxido. O 2,4-D (ácido 2,4-diclorofenilacético) proporciona a destruição das membranas, dessecando todo o tecido verde que entra em contato (MARTINS, 2013).

O ácido 2,4 – diclorofenoxiacético (2,4-D) possui classificação toxicológica do tipo I, que é de extrema toxicidade, promovendo ativação de genes, modificando os RNA sintetizados, aumentando a atividade polimerase dos RNA e DNA, também interferindo no funcionamento de enzimas respiratórias. Este conjunto de alterações metabólicas provoca a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) (MOSCARDI et al.,2018; DALBO et al., 2019).

As principais vias de intoxicação são a dérmica, oral e ocular é genotóxico, hepatóxico e neurotóxico. Os maiores relatos de intoxicação e óbito do 2,4-D ocorreram intencionalmente devido a ingestão oral. Após absorção, devido à alta hidrossolubilidade, o 2,4-D é distribuído por todo o organismo, não se acumula em nenhum tecido, sendo excretado inalterado na urina e nas fezes tendo uma meia-vida de eliminação estimada entre 10 a 36 horas (CONITEC, 2019; NORTOX, 2019).

A *Ilex Paraguariensis*, conhecida como Erva Mate (EM) é utilizada em preparações farmacêuticas onde está se sendo incorporada em várias farmacopeias devido as propriedades terapêuticas como antirreumática, diurética e anti-inflamatória (SERAFIM et al., 2016). A planta de EM tem propriedades antioxidantes, profiláticas, curativas, fontes de algumas vitaminas, sais minerais, alcaloides e inúmeros nutrientes (CAMBRA, 2017).

Um estudo recente descreveu que a EM possui altas concentrações de minerais, como cálcio, manganês, potássio, alumínio, fosforo e ferro e rico. Também contém vitaminas A, B1, B2, C e D e é rico em proteínas, ácidos fenólicos, aminoácidos essenciais, ácido clorogênico, saponinas e niacina. Um dos mais importantes ingredientes biologicamente ativos presentes na erva-mate são os polifenóis que são antioxidantes hidrofílicos naturais (MIGOTTO, 2015).

A EM traz benefícios para a saúde porque é um estimulante das atividades físicas e mentais, pode atuar nos nervos e nos músculos, eliminando a fadiga, tem um estímulo mais longo que o café e não deixa insônia e irritabilidade, também atua na circulação sanguínea, acelera o ritmo cardíaco, promove a digestão e ótimo diurético natural. Além de desempenhar um papel importante na regeneração celular, também é considerado um medicamento para pele e regula as funções do coração e respiração (REIGOSA; CARDOSO, 2015).

Diante do exposto, este estudo teve como objetivos avaliar os principais fitoquímicos presentes no extrato hidroetanólico das partes aéreas da EM e avaliar o efeito antioxidante deste extrato, em testes *in vitro* com eritrócitos humanos expostos previamente ao herbicida ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO E ASPECTOS ÉTICOS

É um estudo experimental quantitativo *in vitro*, que integra o projeto matricial intitulado “Estudo do efeito antioxidante de diferentes princípios ativos”, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Cruz Alta com número de parecer 1.587.863 (Anexo A). Os participantes deste estudo foram consultados sobre a viabilidade de participação na pesquisa, e concordando, receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo II), documento explicativo que descreve os objetivos, metodologias e relevância do estudo, além de assegurar a manutenção dos princípios bioéticos durante todas as etapas executadas. Este termo foi disponibilizado em linguagem clara, e foi assinado em duas (02) vias, ficando uma em posse do participante e outra em poder do pesquisador.

2.2 PREPARO DO EXTRATO HIDROETANÓLICO DAS PARTES AÉREAS DA EM

A EM utilizada para realização deste estudo, é proveniente do município de Cruz alta, noroeste do Rio Grande do Sul. Ela foi coletada e submetida a identificação de espécie pelo Dr. Diego Pascoal Golle, que a identificou como *Ilex paraguariensis*. Após as partes aéreas da EM foram moídas em liquidificador industrial de 1200W, com o objetivo de aumentar a superfície de contato e secas ao sol por uma semana (temperatura de 17-25°C). Para

preparação do extrato hidroetanólico utilizamos a metodologia descrita por Simões *et al* (2010), pesando 10g de partes aéreas secas e trituradas, adicionando 60mL de álcool 70% como solvente (proporção de 1:6). O extrato foi submetido a agitação manual diária durante 14 dias e após foi filtrado no evaporador rotatório.

2.3 CARACTERIZAÇÃO FITOQUÍMICA DO EXTRATO HIDROETANÓLICO DAS PARTES AÉREAS DA EM

O teor de flavonoides totais foi determinado de acordo com o método descrito por Woisky e Salatino (1998). A amostra foi diluída a uma concentração de 1 mg/mL em metanol e acrescida de 0,5 mL de cloreto de alumínio a 2% e 2,5 mL de metanol. Após 30 minutos as absorbâncias foram lidas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 420 nm. Os testes foram realizados em duplicata e para o cálculo do doseamento foi utilizada a curva padrão de quercetina. Os teores de flavonoides foram determinados em miligrama de quercetina por grama de planta seca.

A determinação de taninos condensados foi realizada utilizando o método descrito por Morrison (1995). A amostra foi diluída a uma concentração de 25mg/mL em metanol. Posteriormente foi adicionado 0,1mL da amostra, 0,9mL de metanol seguidos por 2,5mL de uma solução de vanilina (1g vanilina diluída em 100mL de metanol) e 2,5mL de uma solução contendo 8mL de ácido clorídrico concentrado diluído em 100mL de metanol. A solução foi aquecida à 60°C por 10 minutos e as absorbâncias foram determinadas em espectrofotômetro no comprimento de onda de 500nm. As análises foram realizadas em duplicata e o teor de taninos totais será expresso em miligramas equivalentes de catequina por grama de semente, baseados na curva padrão de catequina.

A atividade de remoção do radical DPPH dos extratos foi quantificada após a incubação com o radical DPPH durante 30 minutos (WU, 2012).

2.4 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A população do estudo contou com 12 voluntários que se disponibilizaram ao estudo, com critérios de inclusão que foram todos do sexo masculino de 18 a 50 anos, saudáveis sem doenças crônicas ou qualquer outro tipo de comorbidade e sem exposição prévia a agroquímicos que se disponibilizaram a ser voluntários. Os critérios de exclusão foram aqueles que não se encaixaram nos critérios de inclusão.

2.5 COLETA DAS AMOSTRAS

As coletas de sangue dos participantes voluntários foram realizadas nas residências dos mesmos, com o uso de um tubo contendo ácido etilenodiaminotetra-acético (EDTA), onde foram centrifugadas e retirada o plasma. Após a centrifugação, os eritrócitos foram separados e lavados três vezes com solução salina isotônica 0,9% e centrifugados. Após a lavagem final, os eritrócitos foram ressuspensos em solução salina, e em seguida, diluídos até atingirem um hematócrito de 10%, conforme técnica descrita por Catalgol, Ozden e Alpertunga (2007). Em cada grupo foi utilizado 1500 µL de eritrócitos em todos os grupos, as quantidades pipetadas de 2,4-D e do extrato de EM foi de 200 µL. A exposição ao herbicida e os tratamentos ocorreram a 37°C por 1 hora (exposição) e mais 1 hora (tratamento) sobre uma mesa agitadora em velocidade lenta e constante, a fim de toda a mistura tenha ficado em contato direto. Os eritrócitos foram subdivididos em quatro grupos experimentais conforme abaixo:

Grupo 2,4-D: eritrócitos expostos ao 2,4-D (1,1mg/L) (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005) e tratados com salina

Grupo 2,4-D + EM 0,125mg/mL: eritrócitos expostos ao 2,4-D (1,1mg/L) (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005) e tratados com extrato hidroetanólico das partes aéreas de EM (0,125 mg/mL).

Grupo Extrato 2,4-D + EM 0,250mg/mL: eritrócitos expostos ao 2,4-D (1,1mg/L) (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005) e tratados com extrato hidroetanólico das partes aéreas de EM (0,250 mg/mL).

Grupo Extrato 2,4-D + EM 0,500mg/mL: eritrócitos expostos ao 2,4-D (1,1mg/L) (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005) e tratados com extrato hidroetanólico das partes aéreas de EM (0,500 mg/mL).

Após a etapa da exposição e do tratamento os eritrócitos foram hemolisados com agitação em vórtex durante 10 segundos e centrifugados durante 15 minutos a 3000 rpm os sobrenadantes foram armazenados em freezer a -20°C para posteriormente serem realizadas as determinações analíticas.

2.6 AVALIAÇÃO DO PERFIL REDOX

2.6.1 Determinação dos níveis de TBARS

Os níveis de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foram determinados após o procedimento experimental, no sobrenadante dos eritrócitos tratados com a planta conforme protocolo de Stocks e Dormandy (1971). Baseado na mistura reacional contendo TCA a 28% (v/v) e TBA 1%, com aquecimento a 95°C. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro visível em 532nm, comprimento no qual a concentração do produto formado na reação (malondialdeído) pode ser medido. Os resultados foram expressos em nmol/mL.

2.6.2 Determinação dos níveis de Glutathiona Reduzida (GSH)

A glutathiona reduzida (GSH) foi determinada após o procedimento experimental, no sobrenadante dos eritrócitos tratados com a planta, a partir do método descrito por Ellman, (1959), que utiliza o ácido 5',5'-ditio-bis-(2-nitrobenzóico) (DTNB) como reagente principal. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro visível em 412nm e os resultados foram expressos por μmol GSH/mL.

2.6.3 Atividade da enzima Catalase (CAT)

A atividade da CAT foi determinada após o procedimento experimental, no sobrenadante dos eritrócitos tratados com a planta, conforme técnica descrita por Hadwan (2018). A reação ocorrerá entre um reagente contendo cobalto II e TFK e H_2O_2 . A formação do complexo carbonato-cobalto III foi mensurado em 240 nm. A atividade da CAT foi calculada e expressa em U/mL.

2.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados das variáveis determinadas neste estudo foram submetidos à análise de distribuição dos dados utilizando os testes: D'Agostino & Pearson omnibus, Shapiro –Wilk e KS. Após os dados que apresentem distribuição normal foram submetidos à Análise de

Variância (ANOVA) de uma via seguido do teste de Tukey's, sendo consideradas significativas diferenças com $p < 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE FITOQUÍMICA

A análise fitoquímica preliminar visa caracterizar os componentes químicos presentes nas plantas e seus metabólitos secundários. Esses metabólitos serão usados como marcadores químicos para as espécies e até mesmo para as áreas onde são encontrados. Ao compreender a composição química desses vegetais podem-se delinear mais claramente os melhores métodos de extração e bioensaios que podem ser separados e extraídos princípios ativos para produção de novos fármacos e fitoterápicos (CARVALHO et al., 2014; SILVA et al., 2016).

Em nosso estudo encontramos no extrato hidroetanólico das partes aéreas da EM (Tabela 1): $159,37 \pm 0,05$ mg/mL de Flavonóides, $2,83 \pm 0,01$ mg/mL de Taninos e $15368 \pm 0,02$ μ g de eq. trolox/g extrato, de DPPH (que indica a capacidade antioxidante do extrato).

Tabela 1. Caracterização Fitoquímica do Extrato Hidroetanólico das Partes Aéreas da Erva Mate na concentração 0,500mg/mL.

Flavonoides totais	$159,37 \pm 0,05$ mg/mL
Taninos condensados	$2,83 \pm 0,01$ mg/mL
DPPH (capacidade antioxidante)	$15368 \pm 0,02$ μ g de eq. trolox/g extrato

Fonte: Elaborado pelo autor (2020). Determinações realizadas em triplicatas.

Os taninos são uma espécie de compostos fenólicos, que têm a propriedade de se complexar com íons metálicos e macromoléculas (como proteínas e polissacarídeos). Por isso possuem efeitos antioxidantes. Devido à sua capacidade de precipitar proteínas, são usados como conservantes, adstringentes, antidiarreicos, cicatrizantes. Ele também tem a capacidade de estimular células fagocíticas (BESSA et al., 2013; LUZ et al., 2014).

Os taninos podem ser obtidos em todas as partes da planta, como raízes, caules, folhas e frutos. A presença de taninos está relacionada à proteção das plantas contra pragas. Segundo alguns estudos, os taninos têm ampla função antimicrobiana, além de agir como

antioxidante devido à habilidade de capturar espécies reativas, assim os taninos também podem ser utilizados na indústria farmacêutica para a produção de novos medicamentos (RODRIGUES et al,2015; SILVA, 2015).

Os flavonoides constituem 20-30% da composição de EM, onde são responsáveis pelo gosto adstringente do mate e com isso possuem grandes quantidades de flavonoides, e apresentam atividade anti-inflamatória, antialérgica, antiviral, antiproliferativa, antioxidantes, hepatoprotetoras, antitrombóticas e anticarcinogênicas (SIMÕES et al. 2010; BESSA et al., 2013).

A determinação do efeito de radicais DPPH consiste no mecanismo de ação da técnica baseada na eliminação do radical livre estável 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) provocando a varredura deste radical livre do meio da reação, assim modificando a cor da solução, onde reage com compostos doadores de H⁺, que interrompem as reações oxidativas em cadeia, determinando o potencial antioxidante de compostos fenólicos isolados ou presentes na amostra. A atividade antioxidante do extrato foi medida através da capacidade dos compostos presentes em inibir os radicais DPPH.

Assim, a constituição fitoquímica do extrato de EM encontrada no nosso estudo, pode ser utilizada como fator preventivo para prevenção ou tratamento dos danos gerados por espécies reativas oriundas de fatores externos ou internos do organismo.

3.2 AVALIAÇÃO DO EFEITO REDOX

As espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio fazem parte do processo metabólico e sua produção é contínua. O desequilíbrio entre a formação e a remoção destas espécies, é decorrente da diminuição dos antioxidantes endógenos ou do aumento da geração de espécies oxidantes. Favorecendo o ataque dessas espécies reativas a componentes celulares como os lipídios, promovendo a peroxidação lipídica que provoca dano tecidual (GOMES, 2017).

Os níveis de TBARS pode ser medido pela concentração do malondialdéido (MDA) presente na amostra, já que o MDA é produzido a partir do hidroperóxido de lipídeos através das condições de hidrólise da reação e é um dos vários produtos de baixo peso molecular formado pela decomposição de certos produtos de LPO primária e secundária (GONÇALVES, 2019).

Em nosso estudo encontramos aumento dos níveis de TBARS nos grupos tratados com 2,4-D em todas as concentrações testadas (0,125; 0,250 e 0,500 mg/mL), quando as mesmas foram comparadas ao grupo dos eritrócitos expostos previamente ao 2,4-D (Figura 1). Este aumento da peroxidação causada pelo extrato, mostra uma toxicidade dele, nestas concentrações.

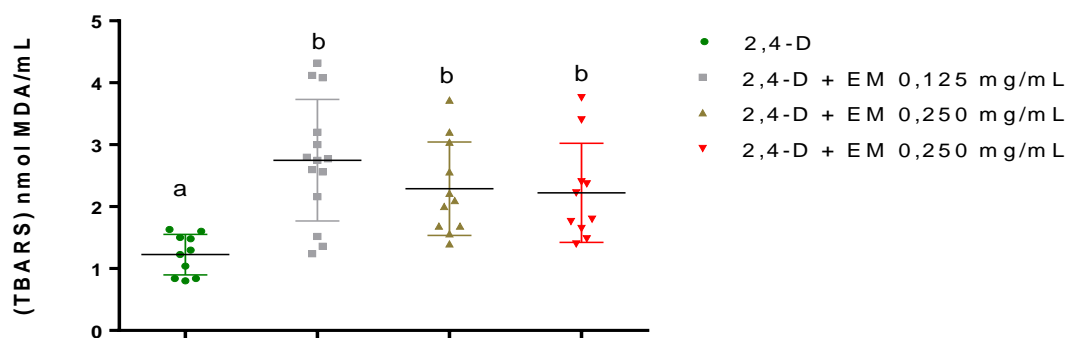


Figura 1. Níveis das Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS) nos grupos estudados.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020). Letras distintas representam resultados significativamente diferentes ($p < 0,05$), $n = 12$.

A glutathiona reduzida (GSH) está presente na maioria das células e é o tiol (-SH) mais abundante no meio intracelular. Seu poder redutor é determinado pelo grupo -SH da cisteína. A GSH é considerada uma das substâncias mais importantes no sistema de defesa antioxidante da célula. Atua como carreador e armazenamento da cisteína participam da desintoxicação de agentes químicos e da eliminação de produtos da peroxidação lipídica. Também é necessária para a síntese de DNA, proteínas e algumas prostaglandinas (SOUZA, 2017).

De acordo com a figura 2, em nosso estudo encontramos um aumento dos níveis de GSH em todas as concentrações testadas, indicando a diminuição do uso da GSH como substrato das enzimas: glutathiona peroxidase (GPx) e a glutathiona-S-transferase (GST). Favorecendo assim, a lipoperoxidação já evidenciada neste estudo.

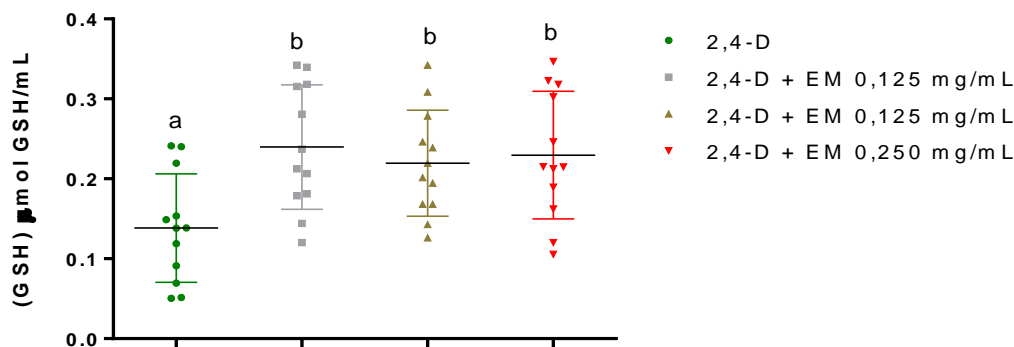


Figura 2. Níveis da Glutaciona Reduzida (GSH) nos grupos estudados

Fonte: Elaborado pelo autor (2020). Letras distintas representam resultados significativamente diferentes ($p < 0,05$), $n=12$.

Na figura 3 podemos verificar que a atividade da enzima catalase nos eritrocitos tratados com o extrato das partes aéreas da EM diminui significativamente em relação ao grupo só exposto ao 2,4-D. Este resultado demonstra, novamente, o efeito tóxico deste extrato nas concentrações (0,125; 0,250 e 0,500 mg/mL), tendo em vista a importância da catalase na conversão do H_2O_2 em H_2O e O_2 e assim evitando a formação do OH^- que é extremamente reativo às proteínas, aos lipídios e ao DNA (MONTEIRO, 2017).

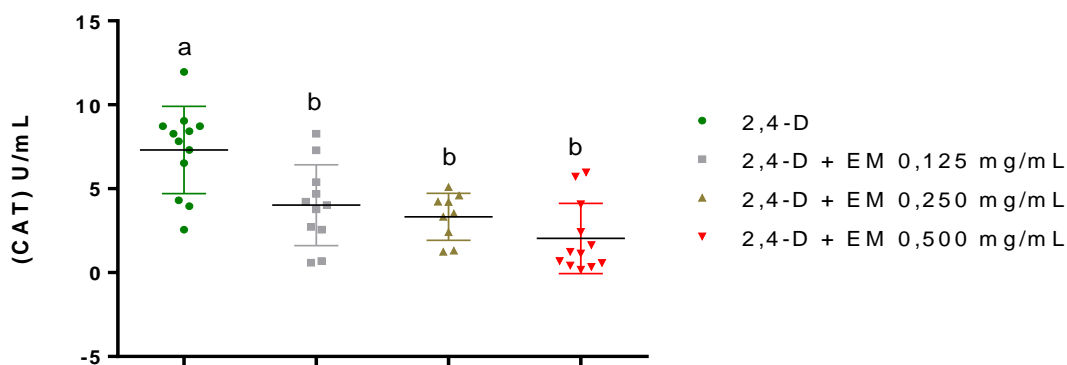


Figura 3- Atividade da Enzima Catalase (CAT) nos grupos estudados.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020). Letras distintas representam resultados significativamente diferentes ($p < 0,05$), $n=12$.

4. CONCLUSÃO

Com base em nosso estudo, podemos dizer que apesar do extrato hidroetanólico das partes aéreas da EM ter em sua constituição taninos e flavonoides, quando realizamos o tratamento de eritrócitos humanos previamente expostos ao herbicida 2,4-D, verificamos que o extrato nas concentrações (0,100; 0,250 e 0,500mg/mL) foram tóxicas. Entretanto, para a confirmação desses resultados se faz necessário o aumento do número das amostras avaliadas.

5. REFERÊNCIAS

BESSA, N.G.F.D.; BORGES, J.C.M.; BESERRA, F.P.; CARVALHO, R.H.A.; PEREIRA, M.A.B.; FAGUNDES, R.; et al. Prospecção fitoquímica preliminar de plantas nativas do cerrado de uso popular medicinal pela comunidade rural do assentamento vale verde – Tocantins. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15 n. 4, p. 692-707, 2013.

CAMPRA, A.F. **Avaliação das atividades antibacteriana e antioxidante de extratos aquosos e hidroalcoólicos de erva-mate (Ilex paraguariensis)**. (TCC) Bacharelado em Química - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

CARVALHO, C.A.; SANTANA, G.A.; AMARO, M.O.F.; LIMA, L.M.; PIRES, F.B.; PRÁ, V.D.; et al. Aspectos químicos e atividade antibacteriana de Piptadenia gonoacantha (Fabaceae). **Ciência e Natura**, v. 36, n. 2, p. 732-744, 2014.

CONITEC. **Portaria Nº 16, de 25 de Março de 2019** – Dispõem das Diretrizes Brasileiras para diagnóstico e tratamento das intoxicações por agrotóxicos - Capítulo 4, no âmbito do Sistema Único de Saúde - SUS. Disponível em: <http://conitec.gov.br/images/Protocolos/DiretrizesBrasileiras_Agrotoxico_Cap4.pdf> Acesso em: 08/01/2021.

DALBO, J.; FIGUEIRAS, L.A.; MENDES, A.N. Effects of pesticides on rural workers: haematological parameters and symptomological reports. **Ciência saúde coletiva**, v. 24, n. 7, p. 2569-2582, 2019.

GOMES, B.R.B. **Análise da produção de espécies reativas de oxigênio e nitrogênio durante a febre e a antipirese em ratos**. (Dissertação) Mestrado em Patologia Molecular - Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília, 2017.

GONÇALVES, P.V. **Avaliação ex vivo da inibição da peroxidação lipídica do estrato córneo promovida por filtros UVB**. (Tese) Mestrado. Universidade de São Paulo, 2019.

LIMA, Pa.C.; SANTOS, M.G.; CALABRESE, K.S.; SILVA, A.A. Avaliação da capacidade leishmanicida de espécies vegetais do Cerrado. **Revista de Patologia Tropical**, v. 44, n. 1, p. 45-55, 2015.

LUZ, H. S.; SANTOS, A.C.G.; LIMA, F.C.; MACHADO, K.R.G. Prospecção fitoquímica de *Himatanthus drasticus* Plumel (Apocynaceae), da mesorregião leste maranhense. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 16, n. 3, p. 657-662, 2014.

MARTINS, T. Herbicida Paraquat: conceitos, modo da ação e doenças relacionadas. **Semina: Ciências biológicas e da saúde**, v. 34, n. 2, p. 175-186, 2013.

MIGOTTO, D.L. **Desempenho e digestibilidade de nutrientes para frangos de corte alimentados com rações contendo extrato de Erva Mate (*Ilex paraguariensis*)**. (Dissertação) Mestrado em Ciências Animais - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MORAIS, N.R.L.; OLIVEIRA NETO, F.B.; MELO, A.R.; BERTINI, L.M.; SILVA, F.F.M.; ALVES, L.A. Prospecção fitoquímica e avaliação do potencial antioxidante de *Cnidocolus phyllacanthus* (müll. Arg.) Pax & k.hoffm. Oriundo de apodi – RN. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 180-185, 2016.

MOSCARDI, A.C.; SOUZA, A.C.Z.; FIGUEIREDO, C.A. Avaliação da toxicidade do 2, 4-d por meio da histopatologia e histoquímica do intestino médio e corpo gorduroso de *Rhinocricuspadbergi* (diplopoda)/Evaluation of 2, 4-d toxicity by means of the histopathology and histochemistry of the midgut and the fat body of *Rhinocricuspadbergi* (diplopoda). **Brazilian Applied Science Review**, v. 2, n. 5, p. 1636-1657, 2018.

NORTOX. Nortox – Bula. Disponível em: <<https://www.nortox.com.br/wp-content/uploads/2017/05/Norton-Bula-VER-12-24.05.2019.pdf>>. Acesso em: 08/01/2021

REIGOSA, G.S.C.M.; CARDOSO, G.C.N. **Estudo da importância socioeconômica da erva-mate para o desenvolvimento regional na região da 26ª sdr.** (Artigo) MBA em Gestão Empresarial - Universidade do Contestado – UnC, Campus Canoinhas, 2015.

RODRIGUES, G. A.; SOUZA, W.C.; GOIDINHO, M.G.C.; FERREIRA, H.D.; VILA VERDE, G.M. Determinação de parâmetros farmacognósticos para as folhas de *Erythroxyllum suberosum* A. St.-Hilaire (*Erythroxyllaceae*) coletadas no município de Goiânia, GO. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 1159-1168, 2015.

SERAFIM, R.A. **Efeito da aplicação de extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) assistido por ultrassom na estabilidade oxidativa de linguiça suína.** (Dissertação) Mestrado em Tecnologia de Alimentos - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

SILVA, A.L.L.; ARAUJO, M.G.S.; BASTOS, M.L.A.; BERNARDO, T.H.L.; OLIVEIRA, J.F.S.; SILVA-JUNIOR, E.F.; et al. Avaliação da atividade antibacteriana, citotóxica e antioxidante da espécie vegetal *Opuntia cochenillifera* (L.) Mill. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 1, p. 307-315, 2016.

SILVA, S.M.S. **Intoxicações por inibidores da acetilcolinesterase: etiologia, diagnóstico e tratamento.** (Dissertação) Mestrado em Medicina - Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, Portugal, 2015.

SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P.; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. **Farmacognosia da planta ao medicamento.** 6ª ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRS/ UFS. 2010.

SOUZA, L.F. **Modulação redox de peroxirredoxinas e a participação dos sistemas da GSH e da Trx na proteção/função celular.** (Tese) Doutorado em Bioquímica - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

NANOTECNOLOGIA EM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL: NANOMATERIAIS, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES

Paulo Henrique Ribeiro¹, Julia Wippich Lencioni² e Elias Barros Santos¹

1. Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José do Campos, São Paulo, Brasil;

2. Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo, São José dos Campos, São Paulo, Brasil.

RESUMO

Pesquisas em nanotecnologia e no desenvolvimento de novos produtos manufaturados com nanomateriais são ativamente conduzidas atualmente em vários segmentos industriais, como por exemplo, eletrônica, cosméticos, energia, etc. No setor de construção civil o uso da nanotecnologia é menos expressivo, mas tem sido notável o crescimento nos últimos 10 anos. Vários trabalhos tem mostrado que a incorporação de nanomateriais em materiais de construção (ex. cimento, concreto, argamassa, madeira, etc), mesmo em pequenas quantidades, promove uma melhora nas propriedades finais do material aditivado. Além de melhorar as propriedades primárias dos materiais de construção, como por exemplo, resistência mecânica e corrosão, as nanopartículas podem agregar novas funcionalidades para as matrizes, como atividade fotocatalítica, atividade antimicrobiana e até autolimpante. Entre as nanopartículas utilizadas para tal finalidade estão os óxidos de titânio, silício, alumínio, ferro e zinco. É também observado um grande interesse no uso de nanomateriais a base de carbono, principalmente nanotubos, nanofibras e grafeno. Além disso, alguns estudos mais recentes têm mostrado que materiais plásticos e resíduos sólidos industriais processados para gerar materiais nanoparticulados, quando incorporados em materiais de construção, também resultam em melhorias de propriedades. O objetivo do presente trabalho é apresentar um levantamento atualizado do uso de nanomateriais nos materiais de construção civil, identificando as propriedades resultantes e aplicações desejadas.

Palavras-chave: Nanotecnologia, Nanomateriais e Materiais de construção.

ABSTRACT

Research in nanotechnology and in the development of new products manufactured with nanomaterials are currently being conducted in various industrial segments, such as electronics, cosmetics, energy, etc. In the civil construction field, the use of nanotechnology is less expressive, but the growth in the last 10 years has been remarkable. Several studies have shown that the incorporation of nanomaterials in construction materials (e.g., cement, concrete, mortar, wood, etc.), even in small amounts, promotes an improvement in the final properties of the modified material. In addition to improving the primary properties of construction materials, such as mechanical resistance and corrosion, nanoparticles can add

new functionality to the matrices, such as photocatalytic activity, antimicrobial activity, and even self-cleaning. Among the nanoparticles used for this purpose are oxides of titanium, silicon, aluminum, iron, and zinc. There is also a great interest in the use of carbon-based nanomaterials, mainly nanotubes, nanofibers, and graphene. In addition, some more recent studies have shown that plastic materials and industrial solid waste processed to generate nanoparticulate materials, when incorporated into construction materials, also result in property improvements. The objective of the present work is to show an updated survey of the use of nanomaterials in civil construction materials, identifying the resulting properties and desired applications.

Keywords: Nanotechnology, Nanomaterials and Construction materials.

1. INTRODUÇÃO

A nanotecnologia é uma área multidisciplinar que, atualmente, tem sido considerada uma prioridade estratégica entre os países desenvolvidos com foco em inovação tecnológica (NANO-MAGAZINE, 2021). Alguns autores apontam a nanotecnologia como uma parte essencial para o desenvolvimento da chamada Indústria 4.0 (RAI; RAI, 2012; RIM PLUS, 2016). A estimativa atual de investimento na área é muito promissora, sendo previsto que o mercado global em nanotecnologia movimentará cerca de U\$ 125 bilhões entre 2018-2024. Os principais setores da economia global que mais investem em nanotecnologia são as áreas de eletrônica, energia, biomédica, cosméticos, defesa, automotiva e agricultura (RESEARCH AND MARKETS, 2018). O setor de construção civil apresenta um investimento modesto em nanotecnologia, mas existem diversas publicações atuais, mostrando um interesse crescente por parte deste segmento (TEIZER et al., 2012; RAO et al., 2015). A principal explicação para o grande interesse em nanotecnologia e a sua disseminação para diversas áreas está relacionado ao melhor desempenho apresentado pelos produtos contendo nanomateriais incorporados, quando comparados com os mesmos produtos sem nanoaditivos (ZHOU et al., 2020). Neste sentido, a nanotecnologia surge como uma área promissora e estratégica para inovação industrial.

Nanomateriais é a definição usada para materiais que apresentam ao menos uma dimensão (tamanho, largura ou altura) na escala nanométrica, entre 1 e 100 nm (JEEVANANDAM et al., 2018). Diversos materiais podem ser preparados em dimensões reduzidas até a escala nanométrica, inclusive apresentando diferentes morfologias, como por exemplo, esferas, cubos, bastões, tubos, placas, etc. (GENTILE; RUFFINO; GRIMALDI, 2016). Nessa escala de tamanho, vários materiais apresentam propriedades diferenciadas quando comparados a sua contraparte micro ou macroscópica, tornando-os interessantes

para o desenvolvimento de novas tecnologias ou para o aperfeiçoamento de tecnologias já existentes. Geralmente, as propriedades dos nanomateriais variam com o tamanho, morfologia e o meio ao qual o material está imerso, sendo parâmetros importantes a serem controlados durante a síntese das nanoestruturas (GILBERTSON et al., 2015). Por exemplo, o ouro, conhecido como metal estável e de cor amarela, quando preparado na forma de nanopartículas esféricas, com dimensão inferior a 100 nm, torna-se muito reativo e pode exibir as cores vermelha, azul ou violeta em função do tamanho da partícula (SILVA et al., 2014). Este tipo de mudança ocorre porque as propriedades ópticas do ouro são afetadas em função da sua redução de tamanho. Isso possibilita que as nanopartículas desse elemento possam ser usadas em aplicações nas quais o ouro em escala micro ou macro não seria adequado.

Dentre os nanomateriais mais estudados e aplicados em nanotecnologias destacam-se as nanopartículas de prata, de dióxido de titânio e de ouro, além de nanoestruturas de carbono, principalmente os nanotubos e o grafeno (ETXEBARRA; GOMEZ-UGANDA; BARRUITA, 2012; ABAMOR; ALLAHVERDIYEU, 2016). Em materiais de construção civil tem sido estudado o potencial uso, principalmente, de nanopartículas de óxidos, tais como SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , ZnO e TiO_2 (HANUS; HARRIS, 2013; LOH; GAYLARDE; SHIRAKAWA, 2018). Tal interesse está relacionado ao fato de o setor de materiais de construção civil demandar grandes quantidades de material. Com isso, os nanomateriais devem ter origem em matérias primas abundantes e/ou serem obtidos a partir de processos químicos de preparação que possam ser escalonados. Além dos óxidos citados, existem diversos estudos e aplicações de nanomateriais de carbono incorporados em materiais de construção, principalmente nanotubos e carbono amorfo (AMIRKHANIAN; XIAO, 2011; HAWREEN; BOGAS, 2018). Vários estudos têm mostrado que a adição de nanomateriais em pastas de cimento, concreto, argamassa e aço, resulta na alteração das propriedades desses materiais de construção de forma positiva. Como consequência, tem sido observada uma melhora na resistência mecânica e durabilidade do material aditivado, além da agregação de novas funcionalidades, como por exemplo, propriedade anticorrosiva, autolimpante e antimicrobiana (VENKATANARAYANAN; RANGARAJU, 2014; THAN; LEE, 2017; NAM, 2017). Neste sentido, os materiais de construção aditivados com nanomateriais podem resultar em inovação tecnológica para o setor da construção civil e apresentar vantagens econômicas em relação aos produtos comercializados atualmente.

Diante do contexto apresentado, é possível notar o interesse crescente no uso de nanomateriais como aditivos de materiais de construção com o objetivo de se obter produtos

com propriedades melhoradas, o que trará um impacto significativo no setor de construção civil. Neste trabalho, o foco principal é apresentar uma revisão atualizada das pesquisas aplicadas usando nanotecnologia em materiais de construção. Não é intenção deste artigo, discutir o mérito científico e as discussões técnicas dos trabalhos. Para essa finalidade, recomenda-se ao leitor consultar diretamente a referência de seu interesse. Será apresentada uma revisão de alguns trabalhos publicados nos últimos anos, mostrando os principais nanomateriais estudados, as propriedades resultantes nos materiais de construção e as aplicações finais. Com esse panorama, o presente trabalho traz informações relevantes e atuais sobre o potencial uso de nanotecnologia em materiais de construção civil.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A nanotecnologia tem trazido inovação para vários segmentos industriais e estudos recentes têm apontado que a indústria de materiais de construção tem surgido como um setor com grande potencial de crescimento. Nanomateriais com propriedades, tais como, alta reatividade química, resistência a corrosão, resistência mecânica e alta estabilidade são de grande interesse tecnológico para a área de construção civil. Além disso, o uso de nanomateriais na construção civil também poderá afetar a forma de trabalho no setor, desde a seleção do material de construção aos métodos de processamento e técnicas de manuseio no ambiente de aplicação (ZHENG; LOZANO; MO, 2011; CRUCHO et al., 2019). Isso também mostra que, com a introdução da nanotecnologia em materiais de construção, novas habilidades podem ser demandadas dos profissionais desse setor. Nos próximos tópicos serão apresentadas as principais aplicações de nanomateriais em materiais de construção, enfatizando as propriedades e vantagens resultantes.

2.1. INCORPORAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS EM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

A definição clássica de nanopartículas (NPs) é de um agrupamento de átomos ou moléculas ligadas entre si com tamanho variando entre 1 e 100 nm (POOLE JR.; OWENS, 2003). Entretanto, também é aceita a definição de NPs como sendo partículas sólidas que podem ser não-cristalinas, um agregado de cristalitos ou um monocristalito com dimensão entre 1 e 1000 nm (SHIPWAY; WILLNER, 2001). As nanopartículas apresentam

propriedades físicas e químicas diferenciadas das suas contrapartes maiores, principalmente devido ao aumento da razão superfície-volume e dos efeitos quânticos resultantes do confinamento espacial (POOLE JR.; OWENS, 2003). Na literatura revisada, observou-se ser mais comum em materiais de construção civil a incorporação de nanopartículas de óxidos metálicos e semicondutores, com tamanhos variando de 5 a 300 nm, como mostrado na Figura 1 para o TiO_2 .

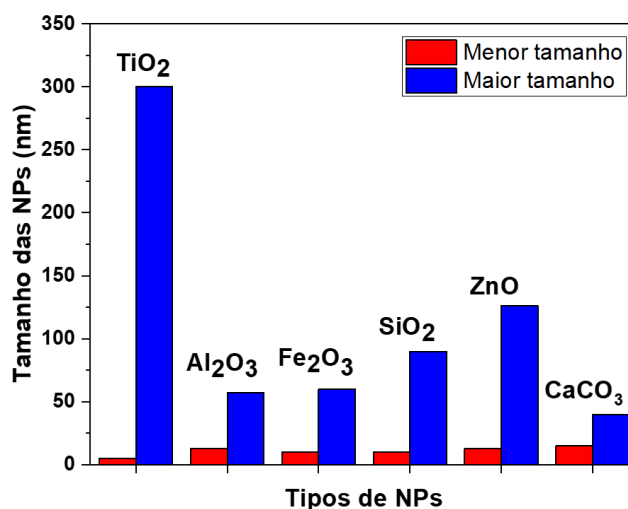


Figura 1. Intervalos de tamanho das nanopartículas incorporadas em materiais de construção encontrados em alguns trabalhos revisados (CAMILETTI; SOLIMAN; NEHDI, 2013; OLTULU; SAHIN, 2013; LIU; LI; XU, 2015; CHEN; KOU; POON, 2012).

O tamanho das NPs é um aspecto extremamente importante a ser considerado do ponto de vista prático, uma vez que as suas propriedades físico-químicas são dependentes deste parâmetro e podem influenciar significativamente a característica final do material aditivado. Isso dificulta fazer comparações diretas da eficiência de diferentes materiais de construção aditivados com o mesmo tipo de nanopartículas. Esta comparação direta só é possível se os materiais forem modificados com o mesmo tipo, tamanho e quantidade de nanopartículas, ou seja, aplicadas exatamente na mesma condição experimental.

Oltulu e Sahin (2013), relataram o uso de NPs comerciais de SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 com dimensões de 12, 13 e 60 nm, respectivamente, como aditivos de argamassa. As amostras de argamassa aditivadas com as NPs apresentaram um aumento da resistência mecânica à compressão de 19,2; 5,6 e 4,8 % respectivamente. Além disso, os autores também mostraram que a resistência mecânica à compressão foi melhorada em 31,6 %, quando a argamassa foi aditivada com uma mistura, na mesma proporção, das três nanopartículas, evidenciando um efeito sinérgico cooperativo na propriedade final do material de construção.

Em outro trabalho com argamassa, os autores utilizaram NPs de TiO_2 comercial, com dimensões entre 14 e 21 nm, como aditivo (SMITS et al., 2013). No referido trabalho, os autores mostraram que as peças de argamassa aditivadas com as nanopartículas de dióxido de titânio apresentaram propriedade fotocatalítica, quando expostas a radiação UV, mantendo-se mais limpas do que as peças de argamassa sem o nanoaditivo. Abo-El-Enein et al. (2018) relataram a síntese de nanopartículas de Fe_2O_3 e ZnO com dimensões de 20 e 70 nanômetros, respectivamente, sendo posteriormente incorporadas em pastas cimentantes. No referido trabalho, os autores realizaram testes de calcinação com as pastas aditivadas, entre 300 e 800 °C, sendo observado um aumento da resistência mecânica quando comparadas com a amostra padrão sem adição de nanopartículas.

Além das nanopartículas de óxidos, também são relatados alguns estudos e aplicações de nanopartículas metálicas em materiais de construção, como por exemplo cobre e ferro. Abiraman e Balasubramanian (2017), relataram a aplicação de tintas de revestimento metálico e acrílico, aditivadas com nanopartículas de cobre de 2 nm de diâmetro, em painéis de madeira, concreto e aço. Os painéis revestidos foram mergulhados em tanques, simulando o ambiente marinho, sendo observada uma redução da incrustação de algas e inibição do crescimento de culturas de bactérias, quando comparados com os painéis revestidos com a tinta sem as NPs de Cu. Este estudo mostrou que a incorporação de nanopartículas de cobre na tinta melhorou a resistência dos painéis às condições marinhas. Crucho et al. (2018), estudaram as propriedades de concreto asfáltico modificado com 4% de nanopartículas metálicas de ferro. No referido trabalho, os autores relataram várias melhoras na performance mecânica do asfalto modificado, tais como, aumento de 5% na estabilidade Marshall, menor deformação permanente, aumento da resistência à fratura, entre outras.

2.2. USO DE NANOMATERIAIS DE CARBONO EM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Os nanomateriais de carbono são alotropias deste elemento que apresentam diferentes formas estruturais, contendo ao menos uma dimensão na escala nanométrica, 1 – 100 nm (ZAYTSEVA; NEUMANN, 2016). Como exemplos, podem ser citados os nanotubos de carbono (estruturas tubulares com paredes simples ou múltiplas), fulerenos (estruturas esféricas ou esferoidal fechadas), grafenos (estrutura planar de uma única folha de carbono), óxido de grafeno (folha de carbono oxidada), nanodiamantes (estruturas tipo diamante em escala nanométrica), carvão amorfo nanoestruturado e nanofibras de carbono. Na tabela 1

são mostrados alguns exemplos de nanomateriais de carbono aplicados em materiais de construção e as propriedades resultantes.

Tabela 1. Nanomateriais de carbono em materiais de construção civil

Aplicação	Dimensão	Porcentagem em massa	Propriedades observadas no material de construção
Nanotubos de carbono em pasta de cimento	Diâmetro médio 9,5 nm	0,05 – 0,2 %	Aumento da capacidade de resistência à compressão (IRSHIDAT et al., 2020)
Óxido de Grafeno em pasta de cimento	Espessura média 1,0 nm	0,2 – 0,8 %	Aumento da resistência mecânica à compressão (GHAZIZADEH et al., 2018)
Nanofibra de carbono em argamassa	Diâmetro médio 50 – 150 nm	1,0 – 3,0 %	Aumento da resistência mecânica à flexão (HOGANCAMP; GRASLEY, 2017)
Nanofibra de grafite em concreto asfáltico	Diâmetro médio 20-200 nm	0,5 %	Aumento da resistência mecânica à tração, redução da porosidade e redução na taxa de deformação do concreto (YOO et al., 2019)

2.2. OBTENÇÃO DE NANOMATERIAIS A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS E INCORORAÇÃO EM MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Neste tópico, são apresentados alguns exemplos de outros nanomateriais incorporados em materiais de construção civil que têm apresentado resultados promissores, tanto do ponto de vista de propriedades do material aditivado quanto no aspecto econômico.

Schaefer et al. (2018), estudaram as propriedades de amostras de concreto aditivadas com resíduo plástico ionizado, com tamanho médio de 170 μm . Apesar de não ter sido usado fragmentos plásticos nanométrico, devido a limitação da técnica de moagem usada na preparação, os autores observaram que as amostras de concreto aditivadas com 1,25% em massa de cimento do plástico ionizado apresentaram redução na porosidade e aumento na resistência mecânica. Na mesma linha de estudo, outros trabalhos também têm demonstrado melhora nas propriedades mecânicas de concretos modificados com diversos tipos de micropartículas e nanopartículas derivadas de material plástico, como por exemplo, policarbonato, polietileno, entre outros (BATAYNEH et al., 2007; HANNAWI et al., 2010; RAI et al., 2012; RODRIGUEZ-HERNANDEZ et al., 2019).

Ainda sobre uso de materiais reciclados na construção civil, Onuaguluchi e Ozgur (2012) relataram o uso de rejeitos de minério de cobre, com partículas a partir de 1000 nm, como aditivos de argamassa. No referido trabalho, os autores mostraram que a adição de 5% de rejeito de cobre, em relação a massa de cimento, pré-umidificado na argamassa, resultou em aumento nas resistências à flexão e à compressão, além da redução da permeabilidade, o que evidencia a redução da porosidade do material. Além disso, também foi observado aumento na resistência ao ataque de ácidos e cloretos.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de nanomateriais na construção civil tem possibilitado o melhoramento das propriedades primárias dos materiais modificados, como por exemplo, resistências mecânicas e à corrosão, bem como agregado novas propriedades, tais como antibacteriana, autolimpante e fotocatalítica. Dentre os nanomateriais aplicados e estudados para uso na construção civil, se destacam as nanopartículas de alguns óxidos metálicos e semicondutores, e algumas nanoestruturas de carbono. Além disso, mais recentemente, tem surgido estudos apontando o uso de materiais reciclados para a mesma finalidade, como por exemplo, plásticos e resíduos da mineração. Os resíduos são processados na tentativa de obter micropartículas ou nanopartículas, sendo posteriormente incorporado em argamassa e concreto, resultando em compósitos mais resistentes, mais leves e baratos, contribuindo ainda para a redução de resíduos sólidos no meio ambiente. Entretanto, a pesquisa em nanotecnologia direcionada aos materiais de construção civil ainda é muito recente, porém tem se mostrado muito promissora apontando como um campo para novas oportunidades e inovação industrial. Como é um setor que demanda materiais em grandes quantidades, pesquisas direcionadas ao escalonamento dos métodos de preparação de nanomateriais, obtenção de nanomateriais a partir de fontes abundantes ou a partir da reutilização de resíduos sólidos são temas urgentes.

4. REFERÊNCIAS

ABAMOR, E. S.; ALLAHVERDIYEV, A. M. A nanotechnology based new approach for chemotherapy of Cutaneous Leishmaniasis: TIO_2 @AG nanoparticles – *Nigella sativa* oil combinations. **Exp Parasitol**, v.166, p. 150-163, 2016.

- ABIRAMAN, T.; BALASUBRAMANIAN, S. Synthesis and Characterization of Large-Scale (<2 nm) Chitosan-Decorated Copper Nanoparticles and Their Application in Antifouling Coating. **Ind Eng Chem Res**, v. 56, n. 6, p. 1498- 1508, 2017.
- ABO-EL-ENEIN, S. A; EL-HOSINY, F. I; EL-GAMAL, S. M. A; AMIN, M. S; RAMADAN, M. Gamma radiation shielding, fire resistance and physicochemical characteristics of Portland cement pastes modified with synthesized Fe₂O₃ and ZnO nanoparticles. **Constr Build Mater**, v. 173, p. 687-706, 2018.
- AMIRKHANIAN, A. N. ; XIAO, F.; AMIRKHANIAN, S. N. Characterization of unaged asphalt binder modified with carbon nano particles. **Int J Pavement Res Technol**, v. 4, n. 5, p. 281-286, 2011.
- BATAYNEH, M.; MARIE, I.; ASI, I. Use of selected waste materials in concrete mixes. **Waste Manage**, v. 27, p. 1870-1876, 2007.
- CAMILETTI, J. ; SOLIMAN, A. ; NEHDI, M. Effects of nano- and micro-limestone addition on early-age properties of ultra-high-performance concrete. **Mater Struct**, v. 46, n. 6, p. 881-898, 2013.
- CHEN, JUN ; KOU, SHI-CONG ; POON, CHI-SUN. Hydration and properties of nano-TiO₂ blended cement composites. **Cem Concr Compos**, v. 34, n. 5, p. 642-649, 2012.
- CRUCHO, J.; PICADO-SANTOS, L. P.; NEVES, J.; CAPITÃO, S. A Review of Nanomaterials' Effect on Mechanical Performance and Aging of Asphalt Mixtures. **App Sc**, v. 9, p. 3657, 2019.
- CRUCHO, J.; PICADO-SANTOS, L. P.; NEVES, J.; CAPITÃO, S. Mechanical performance of asphalt concrete modified with nanoparticles: Nanosilica, zero-valent iron and nanoclay. **Constr Build Mater**, v. 181, p. 309–318, 2018.
- ETXEBARRIA, G.; GOMEZ-URANGA, M.; BARRUTIA, J. Tendencies in scientific output on carbon nanotubes and graphene in global centers of excellence for nanotechnology. **Scientometrics**, v. 91, n. 1, p. 253-268, 2012.
- GENTILE, A.; RUFFINO, F.; GRIMALDI, M. G. Complex-Morphology Metal-Based Nanostructures: Fabrication, Characterization, and Applications. **Nanomaterials**, v. 6, n. 110, p. 1-33, 2016.
- GHAZIZADEH, S.; DUFFOUR, P.; SKIPPER, N. T ; BAI, Y. Understanding the behaviour of graphene oxide in Portland cement paste. **Cem Concr Res**, v. 111, p. 169-182, 2018.
- GILBERTSON, L. M; ZIMMERMAN, J. B.; PLATA, D. L.; HUTCHISON, J. E.; ANASTAS, P. T. Designing nanomaterials to maximize performance and minimize undesirable implications guided by the Principles of Green Chemistry. **Chem Soc Rev**, v. 44, p. 5758-5777, 2015.
- HANNAWI, K.; KAMALI-BERNARD, S.; PRINCE, W. Physical and mechanical properties of mortars containing PET and PC waste aggregates. **Waste Manage**, v. 30, p. 2312-2320, 2010.
- HANUS, M. J; HARRIS, A. T. Nanotechnology innovations for the construction industry. **Prog Mater Sci**, v. 58, n. 7, p. 1056-1102, 2013.
- HAWREEN, A.; BOGAS, J. Influence of carbon nanotubes on steel–concrete bond strength. **Mater Struct**, v. 51, n. 6, p. 1-16, 2018.

- HOGANCAMP, J.; GRASLEY, Z. N. A. Dispersion of High Concentrations of Carbon Nanofibers in Portland Cement Mortars. **J Nanomater**, v. 2017, p. 1-11, 2017.
- IRSHIDAT, M. R.; AL-NUAIMI, N.; SALIM, S.; RABIE, M. Carbon Nanotubes Dosage Optimization for Strength Enhancement of Cementitious Composites. **Procedia Manuf**, v. 44, p. 366-370, 2020.
- JEEVANANDAM, J.; BARHOUM, A.; CHAN, Y. S.; DUFRESNE, A.; DANQUAH, M. K. Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations. **Beilstein J Nanotechnol**, v. 9, p. 1050-1074, 2018.
- LIU, J.; LI, Q.; XU, S. Influence of nanoparticles on fluidity and mechanical properties of cement mortar. **Constr Build Mater**, v. 101, p. 892-901, 2015.
- NAM, K. Y. Characterization and antimicrobial efficacy of Portland cement impregnated with silver nanoparticles. **J Adv Prosthodont**, v. 9, n. 3, p. 217-223, 2017.
- NANO-MAGAZINE. **The Magazine for Small Science**. Disponível em: <<https://nano-magazine.com/news>>. Acesso em 10/03/2021.
- OLTULU, M.; ŞAHIN, R. Effect of nano-SiO₂, nano-Al₂O₃ and nano-Fe₂O₃ powders on compressive strengths and capillary water absorption of cement mortar containing fly ash: A comparative study. **Energy Build**, v. 58, p. 292-301, 2013.
- ONUAGULUCHI, O.; EREN, Ö. Recycling of copper tailings as an additive in cement mortars. **Constr Build Mater**, v. 37, p. 723-727, 2012.
- POOLE JR., C. P.; OWENS, F. J. **Introduction to Nanotechnology**. John Wiley & Sons, 2003.
- RAI, S.; RAI, A.; Review: Nanotechnology - The secret of fifth industrial revolution and the future of next generation. **Nus Biosci**, v. 7, n. 2, p. 61-66, 2015.
- RAO, N. V.; RAJASEKHAR, M.; VIJAYALAKSHIMI, K.; VAMSHYKRISHNA, M. The future of civil engineering with the influence and impact of nanotechnology on properties of materials. **Procedia Mater Sci**, v. 10, p. 111-115, 2015.
- RESEARCH AND MARKETS. **The World's Largest Market Research Store**. Disponível em: <<https://www.researchandmarkets.com/reports/4520812/global-nanotechnology-market-by-component>>. Acesso em 10/03/2021.
- RIM PLUS - Industry 4.0. **Advanced Materials (Nanotechnology)**. Disponível em: <www.technopolis-group.com>. Acesso em 10/03/2021.
- RODRIGUEZ-HERNANDEZ, A. G.; MUOZ-TABARES, J. A.; AGUILAR-GUZMN, J. C.; VAZQUEZ-DUHALT, R. A novel and simple method for polyethylene terephthalate (PET) nanoparticle production. **Environ Sci Nano**, v. 6, n. 7, p. 2031-2036, 2019.
- SCHAEFER, C. E.; KUPWADE-PATIL, K.; ORTEGA, M.; SORIANO, C.; BÜYÜKÖZTÜRK, O.; WHITE, A. E.; et al. Irradiated recycled plastic as a concrete additive for improved chemo-mechanical properties and lower carbon footprint. **Waste Manage**, v. 71, p. 426-439, 2018.
- SHIPWAY, A., WILLNER, I. Nanoparticles as structural and functional units in surface-confined architectures. **Chem Commun**, v. 20, p. 2035-2045, 2001.

- SILVA, A. G. M.; RODRIGUES, T. S.; MACEDO, A.; SILVA, R. T. P.; CAMARGO, P. H. C. An undergraduate level experiment on the synthesis of Au nanoparticles and their size-dependent optical and catalytic properties. **Quím Nova**, v. 37, n. 10, p. 1716-1720, 2014.
- SMITS, M.; CHAN, C. K.; TYTGAT, T.; CRAEYE, B.; COSTARRAMONE, N.; LACOMBE, S.; LENAERTS, S. Photocatalytic degradation of soot deposition: Self-cleaning effect on titanium dioxide coated cementitious materials. **Chem Eng J**, v. 222, p. 411-418, 2013.
- TEIZER, J.; VENUGOPAL, M.; TEIZER, W.; FELKL, J. Nanotechnology and Its Impact on Construction: Bridging the Gap between Researchers and Industry Professionals. **J Constr Eng Manage**, v. 138, n. 5, p. 594-604, 2012.
- VENKATANARAYANAN, H. K.; RANGARAJU, P. R. Evaluation of Sulfate Resistance of Portland Cement Mortars Containing Low Carbon Rice Husk Ash. **J Mater Civ Eng**, v. 26, n. 4, p. 582-592, 2014.
- YOO, D.; KIM, S.; KIM, M.; KIM, D.; SHIN, H. Self-healing capability of asphalt concrete with carbon-based materials. **J Mater Res Technol**, v. 8, n. 1, p. 827-839, 2019.
- ZAYTSEVA, O.; NEUMANN, G. Carbon nanomaterials: production, impact on plant development, agricultural and environmental applications. **Chem Biol Technol Agric**, v. 3, p. 1-26, 2016.
- ZHENG, W.; SHIH, H.; LOZANO, K.; MO, Y. Impact of Nanotechnology on Future Civil Engineering Practice and Its Reflection in Current Civil Engineering Education. **J Prof Issues Eng. Educ Pract & Practice**, v. 137, p. 162-173, n. 3, 2011.
- ZHOU, J.; CHIZHIK A. I.; CHU, S.; JIN, D. Single-particle spectroscopy for functional nanomaterials. **Nature**, v. 579, p. 41-50, 2020.

CONSTRUÇÃO DE AQUECEDOR SOLAR COM MATERIAIS ALTERNATIVOS PARA DUCHAS RESIDENCIAIS E ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO

Iara Ferreira de Rezende Costa¹, Ana Rosa Pessoa Ruppim¹, Anna Beatriz Guimarães Sicupira¹, Emily Machado Jardim¹, Rafaella Souza Santos Oliveira¹ e Alcino de Oliveira Costa Neto¹

1. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia (ICET), Teófilo Otoni, Minas Gerais, Brasil.

RESUMO

O Brasil apresenta o maior potencial hídrico do mundo e elevados índices de irradiação solar. Privilegiado por deter um grande potencial energético de fontes limpas e renováveis, o país é referência mundial em produção de energia limpa, mas, também, em consumo e desperdício de energia elétrica. Nesse sentido, os aquecedores de água do tipo solares apresentam-se como uma alternativa para otimizar a gestão desses recursos e diminuir o seu consumo. Este trabalho objetiva produzir um aquecedor solar de baixo custo e analisar os resultados de sua implementação. O equipamento desenvolvido destinou-se a abastecer exclusivamente o ponto de utilização de uma ducha em residência unifamiliar. Na composição do aquecedor, utilizaram-se coletores solares constituídos de PVC rígido e uma bombona de plástico reutilizável como reservatório térmico. Para avaliação dos benefícios da implantação de uma instalação completa foi realizada a comparação entre o aquecedor solar desenvolvido e o modelo comercial convencional. Os resultados de eficiência e custo mostraram-se satisfatórios ao longo do estudo. O desenvolvimento de equipamentos de baixo custo impacta diretamente na maior adesão ao sistema, pois beneficia o usuário tanto através da consciência ambiental quanto na redução das faturas cobradas através das concessionárias de energia elétrica.

Palavras-chave: Aquecedor solar, Energia solar e PVC.

ABSTRACT

Brazil has the highest water potential in the world and high rates of solar irradiation. Privileged for having great energy potential from clean and renewable sources, the country is a world reference in clean energy production, but also in consumption and waste of electric energy. In this sense, solar water heaters present themselves as an alternative to optimize the management of these resources and reduce their consumption. This work aims to produce a low cost solar heater and analyze the results of its implementation. The equipment developed was intended to supply exclusively the point of use of a shower in a single-family residence. In the composition of the heater, solar collectors made of rigid PVC and a reusable plastic

drum were used as thermal reservoir. In order to evaluate the benefits of implementing a complete installation, a comparison was made between the solar heater developed and the conventional commercial model. The efficiency and cost results were satisfactory throughout the study. The development of low-cost equipment has a direct impact on the greater adherence to the system, since it benefits the user both through the practice of environmental awareness and in the reduction of bills charged by the electric energy concessionaires.

Keywords: Solar heater, Solar energy and PVC.

1. INTRODUÇÃO

Há pouco mais de cem anos, uma nova tecnologia transformaria a vida das pessoas: a energia elétrica. Devido à sua facilidade de transporte e ao baixo índice de perda durante as conversões, é, atualmente, uma das formas de energia mais utilizadas e elemento fundamental para a garantia da dignidade humana, trazendo conforto, comodidade e praticidade.

Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO, 2017), o Brasil é um grande produtor de energia devido à sua extensão territorial e ao clima favorável. Baseado nos dados da Agência Internacional de Energia (IEA), a *Key World Energy Statistics* de 2013 mostra que o Brasil ocupa a nona posição no ranking de maiores produtores de energia do mundo, ficando em terceiro quando se trata de produção de energias renováveis. Conforme a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2018), a fonte hídrica é detentora do maior percentual de geração de energia elétrica dentro do território brasileiro, atingindo 65,2% da geração total do país, em 2017.

A crise econômica brasileira dos últimos anos provocou novos hábitos de consumo na população. As indústrias de aquecedores solares cresceram significativamente, colocando o país no terceiro lugar mundial na utilização dessa tecnologia. Todavia, os aquecedores solares tradicionais têm um alto custo e o retorno de economia financeira é alcançado somente a longo prazo. A popularização dos aquecedores solares no país foi sustentada pela demanda gerada pelos programas de habitação social, como o *Minha Casa Minha Vida* (MCMV). Conforme Brasil (2019), desde 2012 o Governo Federal passou a exigir a instalação dos sistemas de aquecimento solar em casas térreas em áreas urbanas de todo o país destinadas a famílias enquadradas na faixa 1 (renda mensal até R\$ 1.800,00).

Baseado no potencial solar disponível no Brasil e visando a economia de energia elétrica, este trabalho objetiva construir um sistema de aquecimento solar completo com materiais alternativos a ser utilizado em uma ducha residencial para aquecimento da água

fria e, posteriormente, avaliar os benefícios da sua implantação. Especificamente, este trabalho objetiva realizar um levantamento das possibilidades de construção de um aquecedor solar de baixo custo (ASBC) utilizando materiais alternativos; apresentar as características do Policloreto de Vinila (PVC) e as possibilidades de utilização na construção de um ASBC; comparar o aquecedor solar convencional com o alternativo com enfoque no custo e calcular a eficiência do ASBC.

2. METODOLOGIA

2.1. MONTAGEM DO PROTÓTIPO

A montagem do protótipo deste trabalho foi realizada com o auxílio do Manual ASBC (2009) e do Manual Coletor Solar (2012). O roteiro a seguir apresenta a montagem de um sistema de aquecedor solar segundo os referidos manuais.

1. Para o esqueleto dos coletores, ou seja, os tubos mais externos, deve-se colocar o primeiro tubo de PVC de 40mm de diâmetro e 70cm de comprimento sobre a tábua. Fixar com pregos, dando firmeza ao conjunto. Com o lápis e a régua, demarcar a área do rasgo de 25mm de diâmetro x 1cm de afastamento entre eles;
2. Fazer um rasgo interno na área demarcada. Poderá utilizar uma furadeira serra copo de 25mm;
3. Com a lixa, dar acabamento nas superfícies cortadas e arredondar as extremidades do rasgo. Limpar com álcool; Repetir a sequência de 1 a 3 no outro tubo de PVC 40mm de diâmetro. Cortar os tubos de PVC de 25mm com o comprimento de 1,44m. Depois de cortados, lixar nas superfícies. Para esses tubos serem encaixados nos de 40mm, é necessário vedar com cola Araldite®;
4. Depois de colar todo um lado, aguardar trinta minutos e virar o coletor para colar a outra lateral. Unir bem a colagem do lado em questão com a do outro lado para evitar vazamentos; Teste de Vazamento: Tampar três extremidades com caps de 40mm e, na outra extremidade, um joelho de 90° com um tubo de 3m de comprimento na vertical (altura ideal). Completar com água e observar durante quinze minutos se não há vazamento nas regiões que foram coladas. Se houver, reforçar a cola e refazer o teste;
5. Pintar os tubos com esmalte sintético preto fosco usando pincel ou rolo, inclusive sobre a área da colagem e parte superior dos tubos;

6. Fazer uma placa preta ou pintada de preto de um material resistente ao tempo de 144cm x 70cm;

7. Para amarrar a placa atrás do coletor, utilizar fios de PET. Fazer primeiro um pequeno corte bem abaixo de onde vai ficar um dos tubos. Passar o fio de PET por esse corte, laçar o tubo e retornar pelo mesmo corte. Repetir o procedimento de lado a lado, amarrando nas pontas;

Para a montagem de dois ou mais coletores é necessário a utilização de luvas soldáveis para uni-los. Uma vez coladas, não será mais possível mexer nos coletores, caso tenha de fazer alguma alteração.

2.1.1. Montagem do reservatório térmico

A escolha do reservatório depende do volume de água que deseja armazenar, do espaço disponível para sua instalação e dos recursos financeiros disponíveis. Para furar as entradas e saídas de água é necessário usar uma furadeira com serra tipo copo. Com uma lixa grossa, fazer o acabamento arredondando o interior da circunferência. Medir o diâmetro exato de cada furo, deixando o mínimo de folga suficiente para encaixar os flanges.

Furo 1 - Entrada de água fria: Em um dos lados no alto do reservatório, de acordo com o diâmetro do flange da torneira de boia.

Furo 2 - Saída de água para os coletores: O mais baixo possível, de preferência do mesmo lado do Furo 1.

Furo 3 - Saída de água para consumo: Centro do reservatório. Caso o mesmo seja menor que 300 l, o furo deverá estar entre o meio e o fundo.

Furo 4 - Entrada (retorno) de água dos coletores: Próximo ao centro do reservatório e do lado oposto ao furo 2.

Furo 5 – Respiro: O mais alto possível.

2.1.2. Instalação

Os coletores devem ficar fora do telhado, expostos ao Sol e ao Norte. Assim, receberão mais luz solar durante o inverno. Para correto funcionamento, é obrigatório que os coletores estejam abaixo do nível inferior do reservatório térmico e com uma inclinação de, aproximadamente, a latitude local acrescida de 10°, conforme NBR 12269 (2006).

2.1.3. Coletor solar

Durante a execução do protótipo, foram necessárias algumas adaptações devido ao local de implantação do projeto. De acordo com a NBR 7198 (ABNT, 1998) e com a NBR 15569 (2008), o aquecimento de água para o banho deve considerar o consumo de 50 litros de água quente por pessoa. Considerando que a residência na qual o protótipo foi instalado possui três moradores, o coletor foi dimensionado para a capacidade de 150 litros de água.

Segundo Paganin et al. (2019), para o dimensionamento do coletor solar, considera-se que a cada 1m² da área do coletor, o sistema aquece 100 litros de água.

Para o dimensionamento da placa do coletor, serão analisadas, inicialmente, as placas de forro PVC, uma vez que as mesmas servem de suporte para o coletor confeccionado com os tubos de mesmo material. Considerando os volumes estabelecidos acima e as dimensões comerciais, as placas deverão apresentar as medidas de 1,44m x 0,70m. A Equação 1 representa o cálculo da área de uma placa de forro PVC para determinar quantas placas serão necessárias à execução do protótipo.

Eq. 1

$$Ap = b \times h$$

$$Ap = 1,00m^2$$

Onde:

Ap = Área da placa de PVC (m²);

b = Largura da placa de PVC (m);

h = Altura da placa de PVC (m).

Assim, para atender os 150 litros de água necessários para a instalação, foram utilizadas duas placas de forro PVC (Figura 1).



Figura 1. Placas de forro PVC.

O coletor com os tubos de PVC é confeccionado a partir do encaixe de tubos de 25mm de diâmetro em tubos de 40mm, conforme relatado anteriormente no Manual ASBC (2009). Foram realizados dezenove furos nos tubos de 40mm, com o espaçamento de 1cm entre eles. Estes tubos ficam nas extremidades superior e inferior da placa. Por isso, apresentam 0,7m de comprimento. Da mesma forma, para os tubos de 25mm foi mantido o comprimento da altura da placa de 1,44m. Utilizou-se cerca de 55m deste tubo, visto que foi preciso serrar 38 tubos para confeccionar os dois coletores. Os tubos de PVC foram fixados na placa de forro PVC com o auxílio de algemas descartáveis representadas na figura 2. Além disso, após serem feitas as devidas conexões já mencionadas, foram usadas duas luvas para unir as placas conforme a figura 3.



Figura 2. Algema descartável.

Fonte: Cerco Militar, 2019.

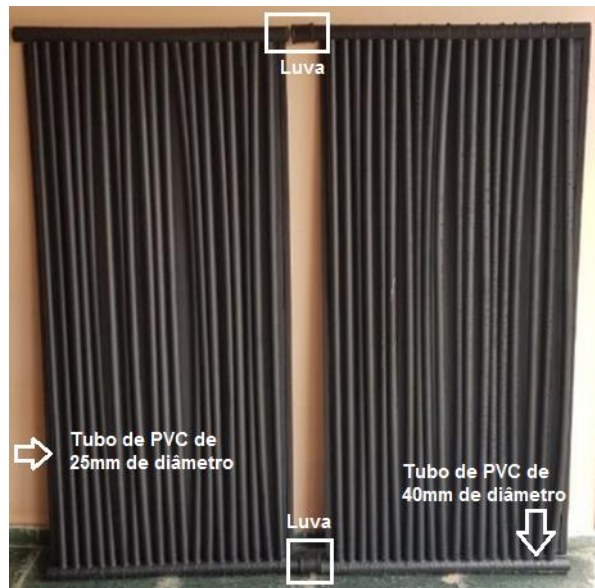


Figura 3. Coletor com ligações.

Vale ressaltar que todos os tubos de PVC foram serrados, lixados e conectados com o auxílio da cola Araldite®. Foi utilizada a tinta preta fosca Coral para pintar todo o coletor a fim de absorver com mais eficiência a radiação solar (Figura 4).



Figura 4. Tinta e cola utilizadas.

O próximo passo consistiu em fazer as ligações necessárias para o funcionamento do coletor solar, ou seja, a entrada de água fria proveniente do reservatório térmico e a saída de água quente com destino ao mesmo local. Foram utilizados dois joelhos de 90° para fazer as mudanças de direção e dois caps para fechar as extremidades do coletor (Figura 5).



Figura 5. Conexão da placa de PVC com os tubos de PVC

Para se estabelecer o diâmetro da coluna de água quente proveniente do boiler e que irá abastecer a ducha, foram utilizadas algumas considerações da NBR 5626 (1998) – uma vez que o dimensionamento de tubos de PVC segue o padrão da água fria. A ducha apresenta um peso relativo de 0,4 e a vazão de projeto de 0,20l/s. Os pesos têm relação direta com os diâmetros mínimos necessários para o funcionamento das peças. A interligação entre os dois parâmetros é realizada a partir do nomograma de pesos, vazões e diâmetro (CREDER, 2006).

Ao analisar o nomograma, a tubulação que alimenta a ducha deverá ter um diâmetro mínimo de 20mm através da vazão de 0,38l/s representado na figura 9, sendo aconselhável utilizar 25 mm (devido ao tracejado presente no nomograma ao representar os valores dos diâmetros).

Entretanto, ao realizar o cálculo com a ducha aberta durante o período de 60s, foram obtidos 23l de água em um recipiente. A partir desses dados, é possível obter o valor da razão de acordo com a Equação 2:

Eq. 2

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = 0,38 \text{ l/s}$$

Onde:

Q= Vazão da água da ducha (l/s)

V= Volume da água da ducha (l)

t = Tempo(s)

Consultando novamente o nomograma, com o resultado de 0,38l/s é perceptível que a tubulação indicada para o projeto é de 25mm.

2.1.4 Reservatório

O reservatório empregado para o protótipo foi uma bombona reutilizada, constituída de PEAD (Polietileno de Alta Densidade). Segundo Lorandi (2016), o PEAD é utilizado na confecção de bombonas, tanques e tambores devido à sua alta resistência à queda, ao empilhamento e à uma considerável variação de temperatura. A bombona utilizada para este protótipo funcionava, até então, como um reservatório de produtos químicos. Por isso, foi submetida a um processo de lavagem para retirada de alguns resquícios no seu interior.

A Equação 3 representa o cálculo da altura da bombona para comportar um volume de 150l, considerando, ainda, o seu diâmetro (55cm).

$$V = \frac{\pi D^2 \times h}{4} \quad \text{Eq. 3}$$

Onde:

V= volume da bombona (m³)

D= Diâmetro da bombona (m)

h = Altura da bombona (m)

A partir dos valores anteriores, a altura encontrada foi de 0,64m. Devido a bombona não ser um cilindro regular, para questões de dimensionamento e praticidade matemática, todos os cálculos realizados foram adotados com o reservatório na posição vertical, conforme figura 6. Além disso, foram feitos cortes para acoplar os flanges que têm como função conectar os tubos de PVC de 40mm e a tubulação de respiro, responsável pela estabilização de pressão do sistema, permitindo entrada e saída de ar.

A altura mínima entre a ponta superior do coletor e o fundo do reservatório deve ser maior que 0,3m e menor que 4m a fim de evitar o acúmulo de bolhas de ar no sistema. Na figura 7 observa-se as tubulações alocadas no reservatório da instalação do protótipo assim como a sua posição horizontal com cerca de 50cm acima do coletor solar.



Figura 6. Representação da bombona na vertical.



Figura 7. Representação da bombona na horizontal.

Quando exposto ao Sol, o coletor solar tem a função de aquecer a água em seu interior. A água aquecida possui uma massa específica menor, tornando-se mais leve que a água fria. Assim, a água presente no interior dos coletores se movimenta para o reservatório e, simultaneamente, a água estocada no reservatório flui em direção ao coletor. A água quente na parte superior do reservatório destina-se para a ducha (Figura 8 e 9).



Figura 8. Identificação dos elementos do protótipo.



Figura 9. Visualização da instalação finalizada.

Para garantir a temperatura adequada da água da ducha foi instalado um misturador. para permitir que a água quente do aquecedor solar e a água fria proveniente da rede da concessionária de água e esgoto sejam utilizadas simultaneamente na ducha, caso necessário (Figura 10).



Figura 10. Ducha.

O termômetro infravermelho foi utilizado para aferir as temperaturas ambiente, do coletor solar, do reservatório térmico e da água da ducha. Seu ajuste de emissividade (variação de 0,1 a 1,0) confere maior precisão na medição da temperatura de diversos tipos de superfícies garantindo, assim, maior confiabilidade na comprovação da eficiência do sistema (Figura 11).



Figura 11. Termômetro a laser.

2.2 LOCAL DE IMPLANTAÇÃO

O protótipo foi implantado na cidade de Teófilo Otoni, MG, em uma residência unifamiliar (17.87°S; 41.50°W) habitada por três moradores. Possui boa incidência solar e pouco sombreamento. A instalação foi realizada na cobertura metálica da garagem, à noroeste, com facilidade para acesso a água fria.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 AMOSTRA DE DADOS

Os dados apresentados são amostras de três semanas (27 de maio de 2019 a 16 de junho de 2019). É válido ressaltar que, durante este período, a estação é o outono. À medida que o inverno vai se aproximando, os dias são mais curtos e as noites mais longas. Além disso, o Sol está mais baixo e os raios solares incidem num ângulo mais agudo e se dispersam, reduzindo a temperatura.

Os dados referentes à radiação e à temperatura ambiente foram adquiridos através do portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019), por meio da Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática (Estação Teófilo Otoni – A527). O portal publica os dados meteorológicos a cada hora. A coleta dessas informações foi feita diariamente nos horários de 8h, 12h, 16h e 20h.

A escolha dos horários foi baseada na disponibilidade dos autores e também nos horários de pico para banho, segundo a cartilha da concessionária local, CEMIG (2015).

As aferições das temperaturas do coletor solar foram realizadas na sua área central: para o boiler, da região intermediária para baixo (onde a água se localiza); para a ducha, na saída de água para o banho (Tabela 1).

Tabela 1. Dados coletados na primeira semana

Dias	Horário (h)	Radiação (kJ/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura coletor (°C)	Temperatura reservatório (°C)	Temperatura água da ducha (°C)
1° Dia (27.05)	8:00h	-1,27	21,0	20,5	22,0	23,0
	12:00h	389,90	22,1	35,2	30,2	30,2
	16:00h	1902,00	26,7	25,1	28,3	30,2
	20:00h	542,50	26,4	21,8	27,1	24,7
2° Dia (28.05)	8:00h	-3,17	21,1	24,1	24,6	24,9
	12:00h	1028,00	23,2	47,4	34,3	31,3
	16:00h	2720,00	28,2	41,5	40,6	33,2
	20:00h	525,60	26,4	19,5	19,7	24,0
3° Dia (29/05)	8:00h	-3,53	18,5	19,0	20,5	19,2
	12:00h	1418,00	23,2	49,8	39,2	34,6
	16:00h	2499,00	29,3	31,5	34,5	34,3
	20:00h	227,80	27,7	21,9	28,9	29,9
4° Dia (30/05)	8:00h	-3,54	18,1	21,6	21,5	20,8
	12:00h	1448,00	22,5	48,7	39,7	34,6
	16:00h	1692,00	26,3	27,7	33,1	32,9
	20:00h	570,00	26,6	21,0	27,0	28,0
5° Dia (31/05)	8:00h	-2,86	20,9	23,5	23,8	22,2
	12:00h	1149,00	23,2	54,8	43,8	35,0
	16:00h	2729,00	29,4	32,2	33,7	32,7
	20:00h	557,90	28,1	21,0	26,9	27,5
6° Dia (01/06)	8:00h	-3,54	17,9	20,5	21,4	21,0
	12:00h	1430,00	23,7	58,4	41,6	36,6
	16:00h	2371,00	30,1	35,5	38,5	36,7
	20:00h	368,50	29,7	22,4	27,8	24,7
7° Dia (02/06)	8:00h	-3,54	17,7	22,9	22,9	23,6
	12:00h	1410,00	23,8	67,3	48,5	38,2
	16:00h	2188,00	28,8	28,5	31,6	32,9
	20:00h	549,10	28,9	20,3	26,5	27,5
Média Final	-	989,07	24,63	31,56	29,99	29,09
Mediana	-	563,95	25,10	24,60	28,60	30,10
Desvio padrão	-	922,05	3,94	13,71	7,83	5,52

Fonte: INMET, 2019.

As temperaturas da água da ducha nos horários de 12h e 16h foram superiores à temperatura ambiente, com variação máxima de 12,1°C (às 12h) e 6,6 °C (às 16h). No horário das 16h, a temperatura ambiente é maior do que às 12h devido à elevação da radiação (I_g).

No coletor, as temperaturas atingem os maiores picos devido a área superficial de contato com a radiação solar. Por exemplo, no sétimo dia de análise, a temperatura no

mesmo chegou a 67,3°C (às 12h). Com o declínio do Sol durante a tarde e considerando sombras sobre o coletor, as temperaturas decrescem no mesmo.

No reservatório, a temperatura máxima atingida foi de 48,5°C (às 12h) e a mínima de 19,7°C (às 20h). É notório que as temperaturas sofrem reduções entre os intervalos de 12h às 16h, exceto no segundo dia das aferições. A amplitude máxima, considerando os dois horários, foi de 10,1°C no quinto dia de medição.

Às 8h e 20h, as temperaturas (em especial, a do reservatório e da ducha) se aproximaram da temperatura ambiente devido a radiação menos intensa nesses horários

Tabela 2. Valores diários da temperatura da água da ducha na primeira semana e as médias por horário.

Horário (h)	1º Dia (°C)	2º Dia (°C)	3º Dia (°C)	4º Dia (°C)	5º Dia (°C)	6º Dia (°C)	7º Dia (°C)	Média (°C)	Mediana (°C)	Desvio padrão (°C)
8:00h	23,00	24,90	19,20	20,80	22,20	21,00	23,60	22,10	22,20	1,92
12:00h	30,20	31,30	34,60	34,60	35,00	36,60	38,20	34,46	34,60	2,80
16:00h	30,20	33,20	34,30	32,60	32,70	36,70	32,90	33,27	32,90	1,95
20:00h	24,70	24,00	29,90	28,00	27,50	24,70	27,50	26,62	27,50	2,18

Na primeira semana, é notório que a média das temperaturas às 12h é superior aos outros horários. Entretanto, foi o maior valor alcançado do desvio padrão, mostrando uma maior heterogeneidade entre seus valores. A partir do registro das temperaturas da água da ducha gerou-se o gráfico da figura 12.

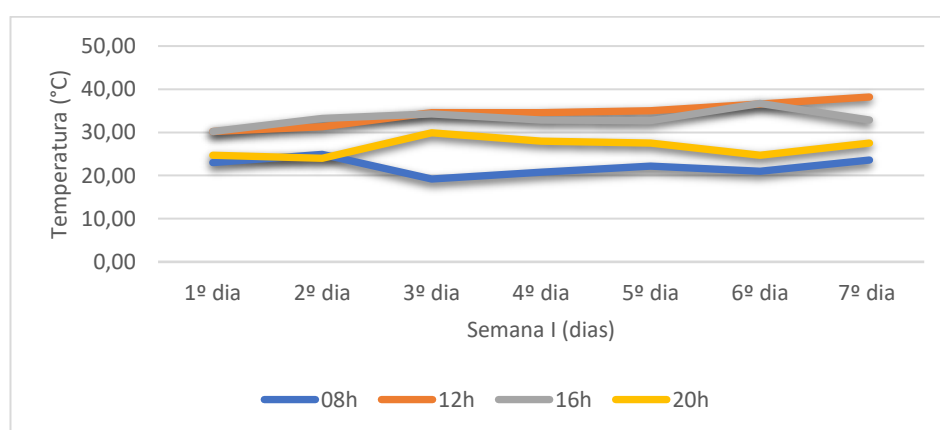


Figura 12. Gráfico da variação da temperatura da água da ducha ao longo do dia na primeira semana.

Devido à alta radiação, na primeira semana, as maiores temperaturas foram registradas nos horários de 12h e 16h. Mesmo com a queda de temperatura após às 16h, o

reservatório manteve a água aquecida, alcançando máximas de 29,9°C na ducha durante o período noturno (20h) (Tabela 3).

Tabela 3. Dados coletados na segunda semana.

Dias	Horário (h)	Radiação (kJ/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura coletor (°C)	Temperatura reservatório (°C)	Temperatura água da ducha (°C)
1° Dia	8:00h	-3,54	17,9	20,0	20,2	21,0
(03/06)	12:00h	1424,00	22,7	55,4	39,8	30,7
	16:00h	2686,00	29,1	42,0	39,8	38,0
	20:00h	555,70	27,1	19,9	27,8	28,8
2° Dia	8:00h	-3,54	16,6	16,4	20,8	19,7
(04/06)	12:00h	1321,00	21,7	49,8	39,2	34,6
	16:00h	2346,00	29,4	35,0	39,0	37,0
	20:00h	617,10	27,8	22,2	29,7	30,6
3° Dia	8:00h	-1,72	19,0	18,9	23,2	21,5
(05/06)	12:00h	500,10	19,0	40,0	29,9	30,4
	16:00h	1965,00	23,8	25,1	28,3	30,2
	20:00h	446,30	22,5	16,5	22,8	22,7
4° Dia	8:00h	-3,54	14,2	14,1	18,0	17,1
(06/06)	12:00h	1487,00	19,4	46,0	45,2	32,2
	16:00h	1088,00	23,2	44,9	23,1	28,4
	20:00h	247,60	22,3	19,1	22,5	23,4
5° Dia	8:00h	-3,54	13,8	12,9	16,3	17,6
(07/06)	12:00h	1439,00	19,4	48,7	39,7	34,6
	16:00h	2327,00	24,6	34,0	38,7	35,0
	20:00h	395,40	23,1	18,5	22,4	22,9
6° Dia	8:00h	-1,98	17,6	22,9	21,9	21,1
(08/06)	12:00h	725,60	19,4	26,7	27,3	25,0
	16:00h	1818,00	23,4	30,0	32,7	28,4
	20:00h	520,60	22,9	21,0	31,8	24,6
7° Dia	8:00h	-3,51	15,4	19,8	19,7	19,0
(09/06)	12:00h	1077,00	18,8	36,1	27,5	28,1
	16:00h	1569,00	24,2	27,5	33,7	33,1
	20:00h	264,10	24,2	20,9	24,6	24,9
Média Final	-	885,65	21,52	28,73	28,77	27,16
Mediana	-	586,40	22,40	24,00	27,70	28,30
Desvio padrão	-	825,99	4,17	12,25	8,02	6,05

Fonte: INMET, 2019.

Assim como na primeira semana, as temperaturas da água na ducha nos horários de 12h e 16h foram superiores à temperatura ambiente, alcançando a variação máxima de 15,2°C e 10,4 °C, respectivamente. Como também pode ser observado, devido à elevação da radiação (I_g), às 16h a temperatura ambiente é maior do que às 12h. No primeiro dia de análise, a temperatura no coletor chegou a 55,4°C às 12h. Considerando o declínio do Sol durante à tarde e sombras sobre o coletor, as temperaturas decrescem no mesmo. No reservatório, a temperatura máxima atingida foi de 39,8°C (às 12h e às 16h) e a mínima de 16,3°C, no quinto dia, às 8h. Observa-se que as temperaturas em geral sofreram uma redução em comparação com a primeira semana. Em relação aos horários de 8h e 20h, as temperaturas do reservatório e da ducha continuaram se aproximando à ambiente, uma vez que a radiação desses horários é baixa (negativa às 8h).

Tabela 4. Valores diários da temperatura da água da ducha na segunda semana e as médias de cada horário.

Horário (h)	8° Dia (°C)	9° Dia (°C)	10° Dia (°C)	11° Dia (°C)	12° Dia (°C)	13° Dia (°C)	14° Dia (°C)	Média (°C)	Mediana (°C)	Desvio Padrão (°C)
8:00h	21,00	19,70	21,50	17,10	17,60	21,10	19,00	19,60	19,70	1,75
12:00h	30,70	34,60	30,40	32,20	34,60	25,00	28,10	30,80	30,70	3,46
16:00h	38,00	37,00	30,20	28,40	35,00	28,40	33,10	32,90	33,10	3,98
20:00h	28,80	30,60	22,70	23,40	22,90	24,60	24,90	25,40	24,60	2,45

A média da temperatura da água na ducha às 16h foi superior às outras médias, indicando uma radiação maior em seis dos sete dias da semana, de acordo com a tabela 3. A figura 13 representa o gráfico da variação da temperatura da água na ducha na segunda semana.

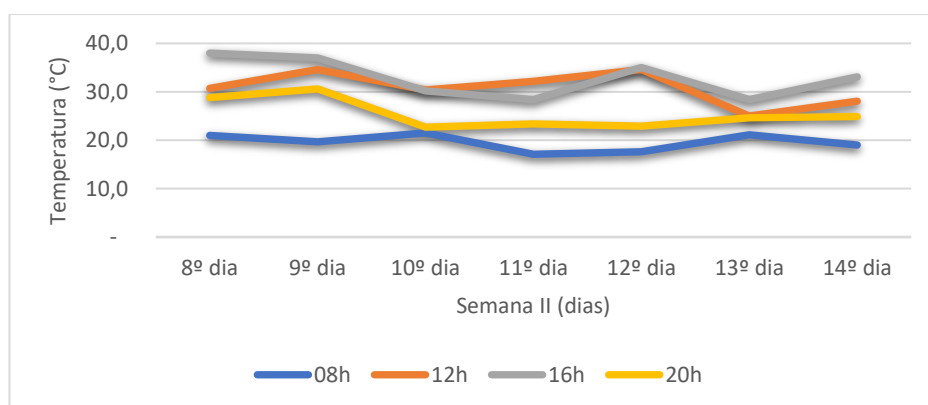


Figura 13. Gráfico da variação da temperatura da água na ducha ao longo do dia na segunda semana.

Ao analisar as tabelas 3 e 4 e o gráfico da figura 13, percebe-se que as temperaturas obtidas no horário de 16h foram superiores às outras, em sua maioria, devido ao alto índice da radiação na segunda semana. Observa-se uma variação maior na temperatura da água na ducha assim como na temperatura ambiente da segunda semana, alcançando em um mesmo dia uma oscilação de 10,9°C.

Ao comparar os dados da terceira semana com as semanas anteriores, nota-se uma diminuição nos índices de radiação, temperatura ambiente e temperaturas obtidas através dos dados coletados do aquecedor solar. Essa diminuição é decorrente da aproximação do inverno, caracterizado pelas baixas temperaturas.

Conforme os dados apresentados, as temperaturas da água na ducha às 12h e às 16h mantiveram-se mais altas quando comparadas aos horários na terceira semana.

No sexto dia de análise, a temperatura do coletor alcançou 38,3°C (às 12h). No reservatório, a temperatura máxima atingida foi de 38,9°C (às 16h) e a mínima de 18°C (às 8h). Em relação aos horários de 8h e 20h – visto que a radiação desses horários não é muito intensa - as temperaturas (em especial, as do reservatório e da ducha) se aproximaram da ambiente.

Os valores médios em alguns horários diminuíram em comparação com as semanas anteriores. Como resultado da Tabela 6 foi gerado o gráfico da figura 14.

As tabelas 5 e 6 e o gráfico da figura 14 demonstram que, na terceira semana, a temperatura às 16h continua sendo superior à dos outros horários e a variação das temperaturas foi menor do que nas duas semanas anteriores. A oscilação das temperaturas diminuiu devido à aproximação do inverno, visto que a temperatura ambiente decaiu em comparação com as semanas anteriores.

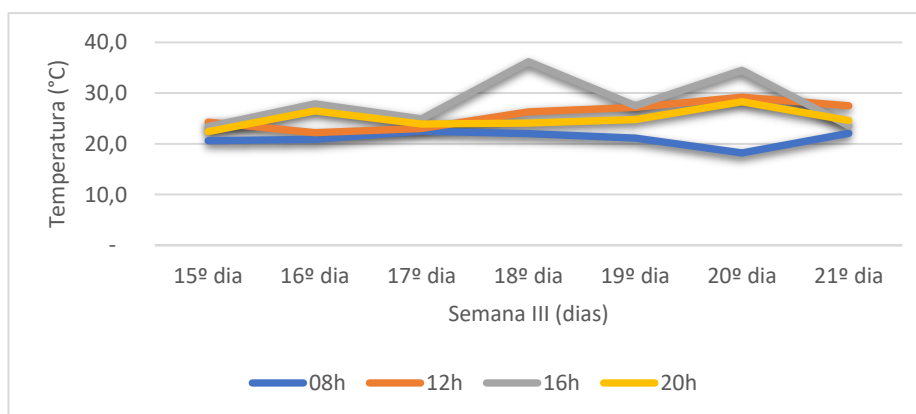


Figura 14. Gráfico da variação da temperatura da água na ducha ao longo do dia na terceira semana.

Tabela 5. Dados coletados na terceira semana.

Dias	Horário (h)	Radiação (kJ/m ²)	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura coletor (°C)	Temperatura reservatório (°C)	Temperatura água da ducha (°C)
1° Dia (10/06)	8:00h	-2,94	19,20	18,50	21,40	20,60
	12:00h	642,80	19,50	21,80	24,70	24,30
	16:00h	783,30	21,80	21,80	23,40	23,40
	20:00h	167,60	19,70	20,40	22,10	22,40
2° Dia (11/06)	8:00h	-0,47	18,30	19,70	20,40	20,90
	12:00h	730,20	20,30	23,40	21,50	22,20
	16:00h	1207,00	21,70	27,70	26,30	27,90
	20:00h	143,10	22,40	22,60	25,90	26,50
3° Dia (12/06)	8:00h	-0,95	18,40	20,90	22,10	22,50
	12:00h	678,10	20,90	26,30	23,20	23,00
	16:00h	1086,00	21,80	24,20	23,90	24,90
	20:00h	218,70	22,40	20,60	23,80	23,90
4° Dia (13/06)	8:00h	-2,16	18,80	20,40	21,70	22,00
	12:00h	885,60	21,40	27,20	29,10	26,30
	16:00h	2395,00	24,90	34,50	38,90	36,20
	20:00h	286,80	20,40	20,10	23,60	24,10
5° Dia (14/06)	8:00h	-2,88	16,10	20,50	20,30	21,10
	12:00h	925,00	19,70	33,40	27,40	27,20
	16:00h	1096,00	22,00	36,50	28,00	27,50
	20:00h	327,60	20,70	22,30	24,60	24,80
6° Dia (15/06)	8:00h	-2,68	18,30	18,70	18,00	18,20
	12:00h	1381,00	21,60	38,30	28,60	29,20
	16:00h	2965,00	26,20	31,00	33,90	34,50
	20:00h	1246,00	25,00	21,90	27,50	28,30
7° Dia (16/06)	8:00h	-2,54	18,40	20,70	21,90	22,10
	12:00h	920,5	20,70	34,00	28,10	27,50
	16:00h	1024,00	24,00	22,10	24,70	23,50
	20:00h	201,7	21,50	20,30	23,80	24,60
Média Final	-	689,16	20,93	24,64	24,96	29,09
Mediana	-	660,45	20,80	22,00	23,90	24,20
Desvio padrão	-	730,51	2,29	5,85	4,31	3,95

Fonte: INMET, 2019.

Tabela 6. Valores diários da temperatura da água na ducha na terceira semana e as médias de cada horário.

Horário (h)	15° Dia (°C)	16° Dia (°C)	17° Dia (°C)	18° Dia (°C)	19° Dia (°C)	20° Dia (°C)	21° Dia (°C)	Média (°C)	Mediana (°C)	Desvio padrão (°C)
8:00h	20,60	20,90	22,50	22,00	21,10	18,20	22,10	21,10	21,10	1,44
12:00h	24,30	22,20	23,00	26,30	27,20	29,20	27,50	25,70	26,30	2,57
16:00h	23,40	27,90	24,90	36,20	27,50	34,50	23,50	28,30	27,50	5,17
20:00h	22,40	26,50	23,90	24,10	24,80	28,30	24,60	24,90	24,60	1,92

3.2 CÁLCULO DA CORRELAÇÃO DE *Pearson*

Para comprovar a relação proporcional entre a radiação e a temperatura ambiente, foi realizado o cálculo da correlação de *Pearson* (conforme a Equação 3) utilizando a média das três semanas para a radiação (Tabela 7) e para a temperatura (Tabela 8).

Tabela 7. Média da radiação das três semanas.

Horário (h)	1ªSemana (kJ/m ²)	2ªSemana (kJ/m ²)	3ªSemana (kJ/m ²)	Média (kJ/m ²)
8:00h	-3,06	-3,05	-2,09	-2,73
12:00h	1181,84	1139,10	880,46	1067,13
16:00h	2300,14	1971,29	1508,04	1926,49
20:00h	477,34	435,26	370,21	370,21

Fonte: INMET, 2019.

Os dados referentes a radiação da tabela 7 foram obtidos através das médias semanais das Tabelas 1, 3 e 5. É possível observar a maior radiação entre os horários às 16h.

Tabela 8. Média da temperatura ambiente das três semanas.

Horários (h)	1ªSemana (°C)	2ªSemana (°C)	3ªSemana (°C)	Média (°C)
8	22,10	19,60	21,10	20,93
12	34,36	30,80	25,70	30,29
16	33,27	33,90	28,30	31,82
20	26,61	25,40	24,90	25,64

Fonte: INMET, 2019.

As temperaturas da tabela 8 são médias calculadas através dos dados das tabelas 1, 3 e 5. A temperatura ambiente mais alta é às 16h. Logo, a correlação de *Pearson* deseja provar uma relação entre a radiação e a temperatura ambiente.

O resultado obtido foi de 0,94, muito próximo de 1, comprovando a relação de dependência da temperatura ambiente da água em função da radiação solar. Ou seja, quando a radiação aumenta, a temperatura também aumenta, conforme as tabelas 1, 3 e 5.

3.3 CÁLCULO DA EFICIÊNCIA

Para desenvolver os cálculos é preciso encontrar inicialmente o coeficiente global de transmissão térmica (K). Foram realizados dois cálculos para o valor de K, onde o primeiro determina o fluxo ascendente e o segundo o fluxo descendente. A espessura da placa de PVC é de 10mm e a condutividade térmica é definido por Lamberts (2019) como 0,20 W/m°C. A tabela 9, a seguir, apresenta os valores obtidos para o K.

Tabela 9. Coeficiente global da transmissão térmica, K.

$K_{ascendente}$	5,26 (W/m²°C)
$K_{descendente}$	3,70(W/m ² °C)

Ao obter os valores de K para fluxos ascendentes e descendentes, calculou-se a intensidade do fluxo térmico (*q*). Foram considerados os horários de 12h, 16h e 20h para os cálculos da intensidade do fluxo térmico (*q*). Os dois primeiros horários apresentam a maior radiação do dia. O último foi considerado para verificar o quanto o sistema conservou o calor, pois às 20h é um horário de pico de banho, conforme reportado anteriormente (Tabelas 10 e 11).

Tabela 10. Valores da intensidade do fluxo térmico ascendente.

Horário (h)	Fluxo ascendente (W/m ²)
12:00h	146,86
16:00h	426,02
20:00h	108,14

Tabela 11. Valores da intensidade do fluxo térmico descendente.

Horário (h)	Fluxo descendente (W/m ²)
12:00h	103,31
16:00h	299,67
20:00h	76,07

Após os resultados encontrados, é possível calcular a eficiência térmica instantânea (η). Conforme Peneiro (2016), a eficiência térmica instantânea (η) será obtida através da Equação 4.

$$\eta = F_R(\tau\alpha) - F_R K_L \left(\frac{T_{exp} - T_{amb}}{A_C \times I_C} \right) \quad \text{Eq. 4}$$

Onde:

η : eficiência térmica instantânea (%)

F_R : fator de remoção de calor ($\frac{W}{m^2}$);

τ : transmitância ($\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$);

α : coeficiente de absorção de radiação solar;

K_L : fator global de transferência de calor ($\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$);

T_{exp} : temperatura experimental do coletor ($^\circ C$);

T_{amb} : temperatura ambiente ($^\circ C$);

A_C : área do coletor (m^2);

I_C : índice de radiação solar no coletor ($^\circ C$).

Os cálculos da eficiência foram realizados para os horários de 12h, 16h e 20h, devido à alta incidência solar nos dois primeiros horários e à necessidade de medir a conservação da temperatura da água na ducha no último horário (Tabelas 12 e 13).

Tabela 12. Eficiência térmica instantânea ascendente.

Horários (h)	Eficiências ascendentes (η)
12:00h	0,43%
16:00h	1,31%
20:00h	0,32%

Tabela 13. Eficiência térmica instantânea descendente.

Horários (h)	Eficiências descendentes (η)
12:00h	0,44%
16:00h	1,32%
20:00h	0,32%

Nota-se uma aproximação dos valores entre as tabelas 12 e 13, demonstrando que o calor liberado é muito próximo do calor absorvido. Logo, o calor liberado está em equilíbrio com o calor absorvido. A eficiência das 16h obteve um resultado maior devido a sua relação com a radiação uma vez que a mesma possuía maiores valores ao longo das três semanas estudadas.

Para uma melhor acareação, segue abaixo a tabela 14 com amostras de eficiência do sistema de aquecimento solar comercial (coletores de cobre e reservatório em aço inox) dos fornecedores registrados pelo INMETRO (2018).

Tabela 14. Amostra da eficiência térmica de duas empresas.

Empresa	Marca	Modelo	Aplicação	Eficiência (%)
A	B	Hiperquente 2.0 Vertical	Banho	0,647
A	B	Hiperquente 1.6 vertical	Banho	0,647
A	B	Hiperquente 1x1 Vertical	Banho	0,647
C	D	GS-2,00x1,00 V	Banho	0,638
C	D	GS-2,00x1,00 H	Banho	0,638
C	D	GS-1,70x1,00 V	Banho	0,638

Fonte: INMETRO, 2019.

Os valores obtidos nas eficiências térmicas instantâneas foram satisfatórios uma vez que os fornecidos pelo INMETRO (2019) variam de 0,638 a 0,647% e os obtidos foram de 0,44% às 12h, 1,32% às 16h e 0,32% às 20h.

4. CONCLUSÃO

Em atendimento aos objetivos traçados inicialmente, o coletor solar de baixo custo mostrou-se eficiente em relação ao fluxo térmico transferido para a água. Essa conclusão é fundamentada pelos dados coletados e expostos ao longo deste trabalho. A temperatura da água na ducha mostrou-se satisfatória entre 12h e 16h, sendo ideal para um banho morno (entre 29°C e 38°C). Em dias de temperaturas ambientes mais altas, foi possível alcançar temperaturas para banhos quentes (acima de 39°C) no intervalo de tempo citado. No período noturno, a temperatura da água raramente atingiu temperaturas mornas, demonstrando que o reservatório não foi um bom isolante térmico. O mesmo observou-se para o período matutino.

Contudo, considerando o período de coleta dos dados – outono, caracterizado por temperaturas mais amenas – os resultados obtidos foram satisfatórios em eficiência para o protótipo, obtendo 0,44% às 12h. As temperaturas médias obtidas nesse horário foram 41,4°C no coletor solar, 33,7°C no reservatório térmico, 21,3°C para a temperatura ambiente e 30,3°C para a água na ducha. Às 16h, a eficiência do sistema foi elevada para 1,32% devido ao aumento da radiação solar, alcançando temperatura média de 31,4°C no coletor, de 32,2°C no reservatório, de 25,7°C para a temperatura ambiente e de 32,0°C para a água na ducha. Ao anoitecer, a temperatura média do coletor se manteve em 20,7°C, do reservatório em 25,6°C e a temperatura ambiente em 24,6 °C, alcançando uma temperatura média da ducha de 25,6°C e eficiência da instalação de 0,32%.

Notou-se que a maior eficiência foi às 16h. Esse fator pode ser explicado através da

correlação de *Pearson*, que compara a radiação e a temperatura ambiente. O valor de $r = 0,94$ demonstra que a radiação influencia na eficiência.

Através das temperaturas observadas ao longo da realização da pesquisa, constatou-se que, em alguns dias, a temperatura da água na ducha mostrou-se superior à temperatura da bombona, principalmente no período noturno. Isso se deu ao fato de que o termômetro a laser utilizado na aferição da temperatura consegue captar apenas a temperatura da área de contato com o laser (área externa da bombona) e não da água no seu interior. Assim, as temperaturas obtidas do reservatório demonstraram uma diferença significativa em relação à água na saída da ducha.

5. REFERÊNCIAS

ABESCO. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA. **Desperdício de energia atinge R\$ 61,7bi em três anos.** São Paulo: ABESCO, 2017. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/novidade/desperdicio-de-energia-atinge-r-617-bi-em-tres-anos/>>. Acesso em: 20/12/2018.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Eólica do Brasil.** 1ª ed. Brasília: Aneel, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15569: 2008. sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – projeto e instalação.** Rio de Janeiro, 2008.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: 1998. Instalação predial de água fria.** Rio de Janeiro, 1998.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7198: 1998. Projeto e execução de instalações de instalações prediais de água quente - procedimento.** Rio de Janeiro, 1998.

BRASIL. **Governo Federal.** Disponível em <<http://www.brasil.gov.br/noticias/infraestrutura/2015/07/moradias-sao-equipadas-com-aquecimento-solar>>. Acesso em: 14/07/2019.

CEMIG. COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Cartilha da economia de energia 75 dicas.** 2015. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/Eficiencia_Energetica/Documents/CD-0028-15%20DICAS%20DE%20ENERGIA_CARTILHA%2015x21cm%2009-03_LOS_marca%20nova.pdf>. Acesso em: 13/07/2019.

CERCO MILITAR. **Algema descartável simples – preto.** Disponível em <<https://www.cercomilitar.com.br/algema-descartavel-simples-preto>>. Acesso em: 15/07/2019.

COSTA, A. S. V. Evolução da renda nas cidades de Carai e Teófilo Otoni, localizadas no Nordeste de Minas Gerais, nos anos de 2000 e 2010. **Revista Cesumar Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**, v. 20, n. 2, p. 405-423, 2015.

CREDER, H. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. 6° Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 Ano Base 2016**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf>>. Acesso em: 12/12/2018.

IEA. INTERNACIONAL ENERGY AGENCY. **Key World Energy Statistics**. França: IEA, 2018. Disponível em: <https://webstore.iea.org/download/direct/2291?fileName=Key_World_2018.pdf>. Acesso em: 18/12/2018.

INME. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Temperatura média anual**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/page&page=anomaliaTempMediaAnual>>. Acesso em: 17/05/2019.

INME. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Tempo e clima**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=tempo_clima>. Acesso em: 17/05/2019.

INMETRO. **PBE- Coletor Solar aplicação Banho e Piscina**. 2018. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/Coletor-Solar-Banho-PBE-2018.pdf>>. Acesso em: 03/07/2019.

LAMBERTS, R. **Desempenho térmico de edificações**. Disponível em <<https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Aula-Desempenho%20termico%20paredes%20e%20coberturas.pdf>>. Acesso em: 03/07/2019.

LORANDI, P. D. **Determinação da influência dos parâmetros de extrusão na reologia de resinas PEAD**. (TCC) Graduação em engenharia química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

PAGANIN, R.; et al. Projeto conceitual de uma residência unifamiliar utilizando técnicas de energias renováveis. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 9, n. 4, p. 6, 2019.

PENEIRO, J. C. Medidas das eficiências térmicas em aquecedores solares: uma alternativa complementar para o ensino de conceitos de física para estudantes das engenharias. **R bras Ens Ci Technol**, v. 9, n. 1, p. 99-122, 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TEÓFILO OTONI. **Lei n. 5806, de 09 de abr. de 2008**. Disponível em: <<http://www.teofilootoni.mg.gov.br/leis-municipais/>>. Acesso em: 01/12/2018.

SEMPRE SUSTENTÁVEL. **Aquecedor solar de água feito com tubos de PVC: próprios para água potável e resistentes as intempéries**. v. 1.2. 2012. Disponível em: <<http://www.sempresustentavel.com.br/solar/aquecedor/aquecedor-solar.htm>> Acesso em 18/12/2018.

SOCIEDADE DO SOL, **Manual de Instrução de Manufatura e Instalação Experimental do Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC)**: Manual do Usuário. Versão 3.0, 2009.

OS CENÁRIOS E AS PERSPECTIVAS DE EXPANSÃO PARA AS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS (PCHs) NO ESTADO DE RONDÔNIA

Eduardo Egidio Vicensi Deliza^{1,2}, Fabrício Moraes de Almeida³, Flávio de São Pedro Filho³, Valeria Arenhardt^{1,2}, Roberto Simplício Guimarães¹ e Izan Fabrício Neves Calderaro³

1. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia, Vilhena, Rondônia, Brasil;
2. Grupo de Pesquisa GEITEC/UNIR/CNPq, Vilhena, Rondônia, Brasil;
3. Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia, Brasil;

RESUMO

Para atender à crescente demanda de eletricidade, é necessário manter uma matriz energética distribuída, com foco nas fontes renováveis, atendendo às premissas socioambientais. Em 2026, o consumo de energia no país pode chegar a 741 TWh e a energia hidráulica apresenta-se como a principal fonte de suprimento. Com grande potencial a ser explorado, em especial no estado de Rondônia, as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) apresentam-se como uma das principais candidatas em contribuir com a crescente demanda energética. É imprescindível que técnicas e tecnologias de eficiência energética, como a repotenciação, sejam utilizadas pelas políticas públicas, de forma a promover o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), Eficiência Energética. Repotenciação e Desenvolvimento Sustentável.

ABSTRACT

To meet the demand for electricity, it is necessary to maintain a distributed energy matrix, focusing on renewable sources, taking into account the socio-environmental premises. By 2026, energy consumption in the country can reach 741 TWh and hydraulic power is the main source of supply. With great potential to be explored, especially in the state of Rondônia, the Small Hydroelectric Power Plants (SHPs) are one of the main candidates in contributing to the growing energy demand. It is imperative that energy efficiency techniques and technologies, such as repowering, be used by public policies in order to promote sustainable development.

Keywords: Small Hydroelectric Plants (SHPs), Energy Efficiency. Repowering and Sustainable Development.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Plano Nacional de Energia (PNE) 2030, a maior parte do potencial hidráulico a ser aproveitado encontra-se na região Norte, trazendo uma série de desafios de caráter econômico, social e ambiental. Tais desafios exigem planejamento e participação de diversos setores: governo, academia, ONG, comunidades locais, etc.

A hidroeletricidade ainda apresenta custo inferior se comparado às demais fontes renováveis, além de proporcionar segurança energética, complementariedade com as demais renováveis, flexibilidade operativa e manutenção de uma matriz elétrica de baixo carbono (EPE, 2017).

Entretanto, esta geração é dependente das condições hidrológicas. Em 2015, por exemplo, devido à condição hidrológica desfavorável, foi necessário aumentar a geração em termelétricas, o que fez com que fosse gerado quase 65 MtCO₂e no Sistema Interligado Nacional (SIN). Em condições normais, estima-se que as emissões para 2020 e 2026 sejam de 24 e 37 MtCO₂e, respectivamente (EPE, 2017).

De acordo com a ABRAGEL (2017), as PCHs podem suprir as dificuldades atuais das UHEs, reduzindo: perdas com transmissão e distribuição e atrasos no licenciamento/construção.

A seguir, serão abordadas as potencialidades, contribuições e perspectivas das Pequenas Centrais Hidrelétricas na promoção do desenvolvimento sustentável de Rondônia.

2. MATERIAIS E MÉTODO

Este estudo foi realizado através de detalhada pesquisa bibliográfica e documental, afim de compreender o atual cenário das PCHs no estado de Rondônia, bem como seu desenvolvimento histórico de implantação e operação.

Também foram analisadas as principais políticas públicas nacionais relacionadas ao setor elétrico: o Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 e o Plano Nacional de Energia 2030.

As referências possuem como base dissertações, teses, artigos de periódicos e informações de sites especializados. Como próxima etapa deste estudo, espera-se realizar

análise de viabilidade econômica, técnica e regional de métodos e tecnologias para ganho energético nas PCHs do Estado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CENÁRIOS E PERSPECTIVAS DE EXPANSÃO

As regiões Sul e Sudeste, que possuem o maior desenvolvimento econômico do Brasil (maior PIB), apresentam, também, o maior número de empreendimentos hidrelétricos instalados, conforme figura 1.

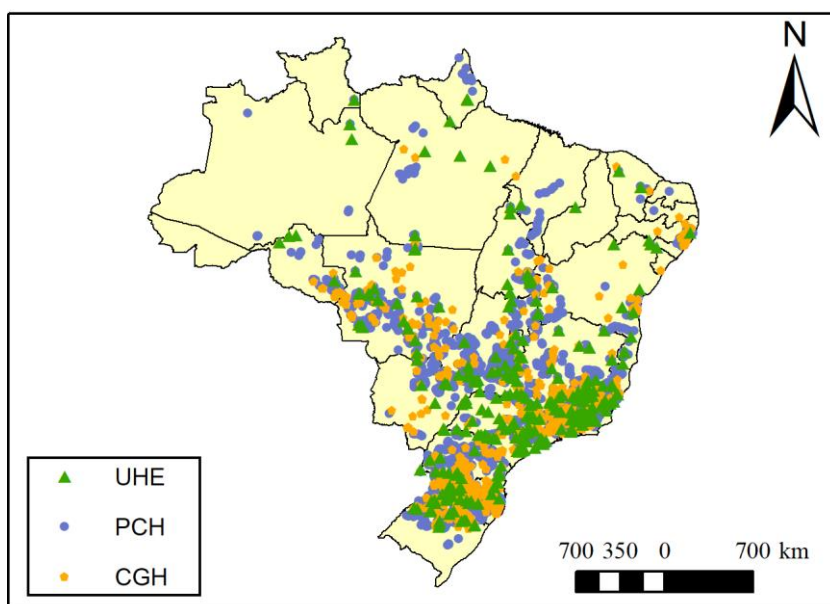


Figura 1. Mapa dos Empreendimentos Hidrelétricos no Brasil.
Fonte: SIGEL, 2018.

O consumo de energia no Brasil tende a crescer nos próximos anos. De acordo com as projeções do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2026, o consumo de energia no país, que em 2016 foi de 516 TWh, será de 741 TWh em 2026, apresentando crescimento médio de 3,7 % ao ano. O plano ainda reforça que este valor pode ser maior caso a economia do país apresente crescimento acima do esperado.

Segundo a EPE (2017), no rol de candidatas à expansão, há proposta de projetos de PCH e CGH, com estimativa de crescimento de 300 MW no segmento anualmente. Estes

projetos são submetidos ao Modelo de Decisão de Investimentos (MDI), sendo que há possibilidade deste potencial de 300 MW ser ampliado.

Além disso, o plano destaca a importância de projetos de repotenciação ou adição de unidades geradoras em plantas hidrelétricas existentes e usinas hidrelétricas reversíveis.

A figura 2 apresenta o indicativo da expansão da carga de energia no SIN, com incremento anual médio de 2.700 MW.

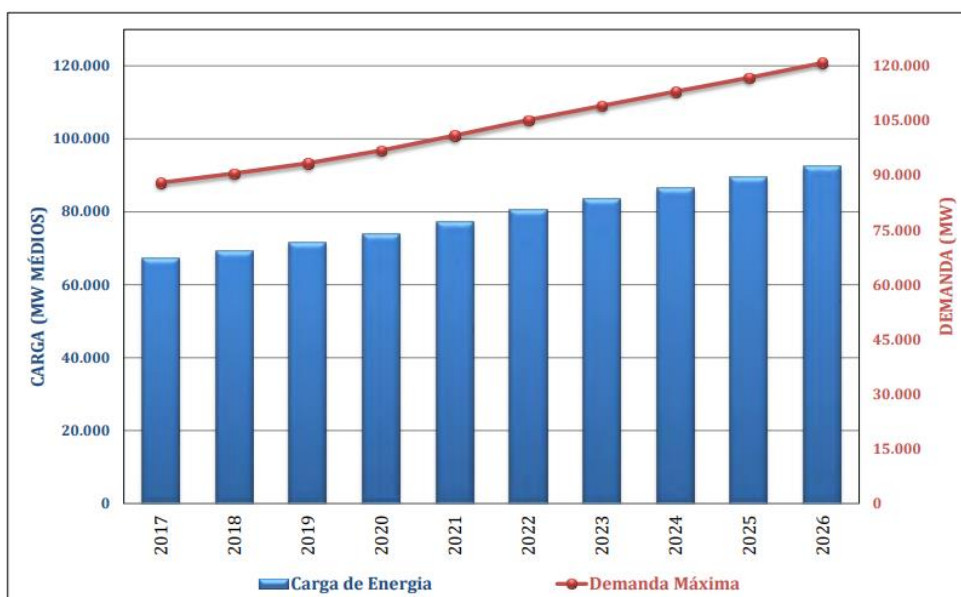


Figura 2. Projeção de carga energética.
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2017.

Com o crescimento indicado, a EPE (2017) reconhece a importância da diversificação da matriz e da qualidade das redes de transmissão, de forma a proporcionar confiabilidade no suprimento de energia.

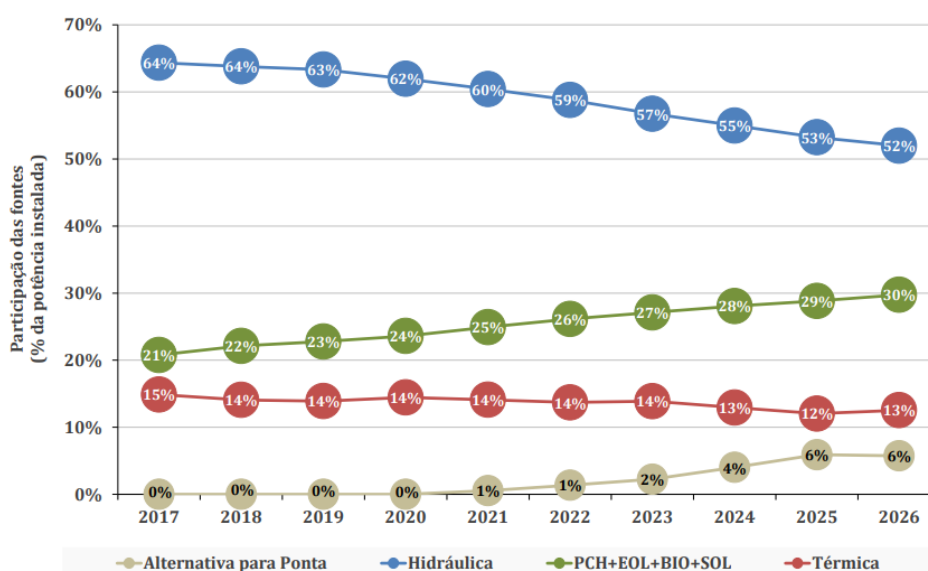
No caso das perdas elétricas, espera-se maior dificuldade na realização de investimentos para a redução de perdas, fazendo com que o nível deste indicador se mantenha constante no primeiro quinquênio. Já no segundo quinquênio, o maior crescimento econômico gera investimentos que levam à redução das perdas (EPE, 2017).

O ideal seria que houvesse maior agilidade nas ações voltadas à redução de perdas elétricas no SIN, principalmente considerando que, de acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA), em 2014, a perda média na transmissão e distribuição de energia elétrica no mundo foi de 8,26 %. Neste mesmo ano, a perda registrada no Brasil foi de 15,78 %.

Países como China e Estados Unidos apresentam perdas abaixo de 6% (THE WORLD BANK, 2018).

Quanto aos cuidados com vegetação, alguns novos empreendimentos de linhas de transmissão estão minimizando o impacto, reduzindo o desmatamento, afetando apenas a área das torres e a faixa de serviço de forma a possibilitar o lançamento dos cabos, onde depois ocorre a recuperação natural da vegetação nativa. Em alguns casos, em unidades de conservação ocorre inclusive o lançamento dos cabos com auxílio de helicópteros ou veículos aéreos não tripulados.

Através da figura 3, verifica-se que as fontes renováveis, incluindo as PCHs, apresentarão a maior taxa e crescimento no horizonte decenal. Esta diversificação contribui com a confiabilidade no suprimento energético, pois o torna menos susceptível às mudanças sazonais.



Nota: A participação de PCH inclui também empreendimentos classificados como CGH.

Figura 3. Participação das fontes.
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2017.

3.2 BENEFÍCIOS DAS PCHS PARA O ESTADO DE RONDÔNIA

As PCHs tiveram papel importantíssimo em Rondônia, principalmente nas cidades do interior. A cidade de Vilhena (RO), recebeu a primeira PCH do estado, com potência instalada de 2600 kW, a PCH Rio Vermelho foi inaugurada em 1987. Anteriormente, a eletricidade era

totalmente fornecida através de Pequenas Centrais Termelétricas (PCTs). Dois anos depois, em 1989, foi inaugurada a UHE Samuel, localizada na cidade de Candeias do Jamari (RO).

As cidades do interior de RO, no início da década de 1990, possuíam alimentação elétrica de origem térmica com fornecimento entre 6 e 12 horas por dia. Neste período iniciou-se o processo de instalação de PCHs por parte do setor privado, o que possibilitou a eliminação de racionamentos, fornecendo eletricidade 24h/dia (NETO; MORET, 2008).

De acordo com Neto e Moret (2008), as PCHs em Rondônia possuem bons índices de aproveitamento do potencial hídrico e capacidade instalada. A média do fator de capacidade foi de 0,71 para o conjunto de PCHs do subsistema Cone Sul (entre 2001 e 2007) e 0,68 para o conjunto do subsistema Acre-Rondônia (entre 2003 e 2007). Estes números são muito superiores aos da UHE Samuel, com média de 0,41 para o mesmo período.

Entre as contribuições das PCHs para o estado de Rondônia nas últimas décadas, de acordo com Neto e Moret (2008), destacam-se:

- Aumento quantitativo e qualitativo no fornecimento de eletricidade, principalmente nas cidades não pertencentes aos subsistemas principais de distribuição, contribuindo para o suprimento 24h/dia;
- Opção eficaz, limpa e renovável para estabilização e crescimento do setor elétrico no estado;
- Geração de empregos diretos e indiretos, com nível de qualificação profissional elevado;
- Redução dos elevados custos de geração realizada por PCTs. Com as PCHs o custo do kW gerado diminuiu mais de oito vezes em relação ao abastecimento anterior;
- Entre 1992 a 2007, as PCHs evitaram a queima de 738.000 m³ de combustível fóssil, reduzindo a emissão de gás carbônico em 1,9 milhões de toneladas.

De acordo com o Banco de Informações de Geração (BIG) da ANEEL (2018), o estado de Rondônia conta com 17 PCHs em operação, 1 em construção (Apertadinho) e 3 com obras não iniciadas (Machadinho I, Cachoeira Formosa e Urubu). A potência instalada das 17 PCHs em Rondônia é de 151.421 kW, com área total alagada de 7.351,4 ha. Se forem consideradas as CGHs, são acrescentados 21.712 kW de potência.

Além das PCHs, Rondônia possui quatro UHEs em operação, a saber: UHE Samuel, UHE Rondon II, UHE Santo Antônio e UHE Jirau.

3.3 IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DAS PCHS

De acordo com Braga et al. (2005), o lago formado a montante da barragem, necessário na maioria das construções de PCHs, altera o ecossistema aquático, pois o fluxo é alterado, reduzindo sua velocidade e turbulência, embora a área alagada seja bem menor que no caso das UHEs.

O acúmulo de sedimentos na área alagada a montante da barragem causa assoreamento, e também pode provocar danos a jusante da barragem, como erosões às margens do canal (CARVALHO, 2008).

Segundo Maia (2006), o acúmulo de sedimentos no reservatório também têm impacto econômico, pois a capacidade de acumulação é reduzida, implicando na redução do potencial energético. Além disso, a vida útil do reservatório é reduzida e, caso o assoreamento chegue à tomada d'água, os equipamentos podem ser danificados por abrasão.

O assoreamento também pode ocasionar aumento do fenômeno da cavitação nas pás de turbinas hidráulicas também, devido à queda nos níveis de pressão.

Na análise de impactos causados por PCHs, também deve ser considerado o risco de rompimento das barragens. A tragédia ocorrida no estado de Rondônia em 2008, com o rompimento da barragem da PCH Apertadinho, localizada no município de Vilhena, no rio Comemoração, causou danos severos à região.

A rompimento da barragem da PCH Apertadinho, ocorrido na fase final de construção, causou 1.501,4 hectares de desmatamento, causando prejuízos à vegetação nativa e fauna, porém apenas 271,1 hectares foram classificados como desmatamento pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), através do sistema de monitoramento PRODES, ou seja, menos de 20% do total foi detectado (COSTA, 2017).

Após uma década do acidente, os responsáveis ainda não arcaram com os prejuízos e a maior parte da área impactada ainda não foi recuperada.

As hidrelétricas instaladas no estado também são responsáveis por grandes impactos. De acordo com o Movimento dos Atingidos por Barragens – MAB, muitas famílias ainda não foram indenizadas pela Eletronorte com a construção da UHE Samuel. A empresa também não realizou as obras de infraestrutura previstas (ARAÚJO; MORET, 2016).

De acordo com Araújo e Moret (2016), as populações ribeirinhas do Rio Madeira sofreram com a redução na oferta de peixe, contaminação da água e proliferação de doenças, como dengue e malária, devido à formação de espelhos d'água.

Relatos de moradores da comunidade São Sebastião, próxima às instalações da UHE Santo Antônio, apontam que muitos pescadores abandonaram seu ofício para trabalhar na construção da usina, fato este que gerou aumento significativo da receita dos moradores da comunidade naquele período. Entretanto, nos dias de hoje, com o término da construção, muitos estão sem emprego e com dificuldades para conseguirem obter novamente a licença de pescador, alguns inclusive foram presos por pesca ilegal.

Outro ponto apontado foi que o empreendimento não construiu os tanques de piscicultura, nem forneceu capacitação para que estes pudessem atuar com esta atividade, como acordado. Ou seja, o empreendimento não cumpriu seu papel com os moradores, se considerarmos o longo prazo.

Os moradores também se sentem inconformados com o número reduzido de famílias que recebeu indenização pelos prejuízos causados pela enchente de 2014. Até a presente data ainda estão aguardando.

O próprio PDE 2026 destaca que cidades da região Norte, por possuírem redes urbanas menos densas, são mais sensíveis à pressão sobre a infraestrutura decorrente de projetos de grande porte, como UHEs, exemplo claro do que ocorreu com a cidade de Porto Velho com as usinas de Santo Antônio e Jirau.

3.4 ALTERNATIVAS PARA GANHO ENERGÉTICO NAS PCHS DO ESTADO DE RONDÔNIA

Na tentativa de reduzir novos impactos socioambientais provenientes de empreendimentos hidrelétricos e, ainda assim, atender à crescente demanda por eletricidade, existem algumas alternativas através de inovações tecnológicas, entre elas, pode-se destacar o processo de repotenciação.

De acordo com Oliveira (2012),

A repotenciação pode ser definida como uma intervenção ou conjunto de intervenções nas estruturas, circuitos hidráulicos e equipamentos eletromecânicos envolvidos no processo de conversão energética de um empreendimento hidrelétrico já construído, com ganho simultâneo de potência e rendimento, conciliados com benefícios econômicos e socioambientais.

A repotenciação é um procedimento que consiste em, de alguma maneira, aumentar a geração elétrica de uma instalação hidrelétrica já existente.

Segundo Oliveira (2012), todas empreendimentos hidrelétricos, seja UHE, PCH ou CGH, em maior ou menor grau, podem passar por processo de repotenciação, seja por subdimensionamento ou defasagem temporal. A vida útil de empreendimentos hidrelétricos pode ser analisada através da figura 4.

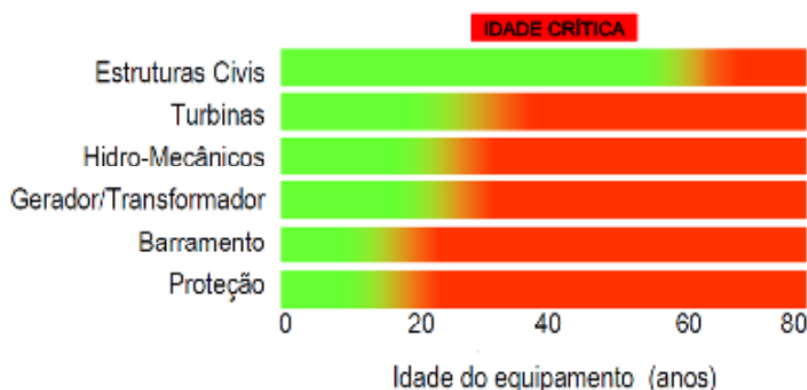


Figura 4. Idade crítica dos equipamentos e estruturas principais de um empreendimento.
Fonte: Oliveira (2017), adaptado de Voith Siemens Hydro.

Conforme figura 4, verifica-se que esta seria uma alternativa interessante para as PCHs do estado de Rondônia, principalmente as construídas nas décadas de 80 e 90.

A repotenciação pode ser utilizada para redefinir a potência nominal inicialmente projetada com o auxílio de inovações tecnológicas e concepções mais atuais de projeto ou ainda para elevar a potência de operação, através da identificação de folgas no projeto inicial, sem que haja incorporação de novas tecnologias à unidade geradora (EPE, 2008).

Em países desenvolvidos, o processo de repotenciação já tem sido realizado de forma rotineira visando a obtenção de ganhos energéticos. De acordo com o projeto “*Blue Age for a Green Europe*”, elaborado em 2002, através de técnicas de repotenciação em PCHs, seria possível aumentar a potência instalada em 1111 MW (VUKOSLAVČEVIĆ, 2017).

Para Maldonado et al. (2006), com a repotenciação é possível maximizar a eficiência energética da usina sem gerar grandes impactos socioambientais, considerando que os impactos já foram consolidados e não há necessidade de remoção compulsória de populações ribeirinhas. Além disso, quando não houver alteração no nível do reservatório, qualquer hipótese de erosões às margens do rio são descartadas.

A viabilidade do projeto depende de uma análise multidisciplinar, nos aspectos técnicos, econômicos e ambientais. A viabilidade do procedimento de repotenciação pode

ser analisado através de indicadores, tais como: idade do empreendimento, custos de operação e manutenção, produtividade (geração), flexibilidade de operação e aproveitamento do potencial hidráulico disponível frente às tecnologias atuais (OLIVEIRA, 2017)

Através do estudo de caso realizado por Oliveira (2017) na PCH Lajeado, no Tocantins, observou-se que, com a repotenciação, a potência instalada elevou-se de 1,8 MW para 8,0 MW, sendo que o custo do projeto – relação R\$/kW adicional - mostrou-se inferior ao custo médio de investimento que seria necessário para um novo empreendimento.

4. CONCLUSÃO

Como apresentado, as PCHs tiveram papel importantíssimo no suprimento de eletricidade do estado de Rondônia. Em um cenário onde cada vez mais se critica a utilização de fontes fósseis para a geração elétrica, é necessário ampliar a capacidade dos empreendimentos que utilizam fontes renováveis.

Comparada a outras formas de geração de energia, Bacellar (2017) aponta que, além de vantagens já citadas das PCHs, como menores impactos ambientais, melhor aproveitamento hídrico, redução de perdas em linhas de transmissão, descentralização da produção e geração de empregos locais, estas são geralmente implantadas por pequenos e médios investidores, em vez de grandes instituições bancárias.

Frente às dificuldades de licenciamento ambiental de novos empreendimentos hidrelétricos, que por vezes podem até inviabilizar os projetos, é imprescindível pensar políticas públicas com foco em alternativas de ampliação da capacidade de geração sem que sejam instaladas novas UHEs ou PCHs, através, por exemplo, de projetos de repotenciação.

Porém, o próprio Plano de Desenvolvimento Estadual Sustentável (PDES) de Rondônia 2015 – 2030 não apresenta diretrizes que vão ao encontro desta perspectiva e que possam realmente contribuir para maximização do processo sustentável de desenvolvimento.

Por fim, destaca-se a importância da realização de pesquisas que proporcionem aumento da eficiência energética nos empreendimentos locais, garantindo, neste processo, participação legítima da sociedade com a potencialização do desenvolvimento econômico e regional.

5. REFERÊNCIAS

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Banco de Informações de Geração: Capacidade de Geração do Brasil**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 03/11/2018.

ARAÚJO, N. C.; MORET, A. S. Direitos humanos e hidrelétricas: uma análise dos impactos socioambientais e econômicos gerados em Rondônia. **Revista Veredas do Direito**, v. 13, n. 26, p. 167-194, 2016.

ABRAGEL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GERAÇÃO DE ENERGIA LIMPA. **Seminário Desafios da Geração de Energia Elétrica no Brasil (ANEEL)**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/10184/15266087/painel+3+ap+4+ABRAGEL+-+2017-10-19+-+Semin%C3%A1rio+Desafios+da+Gera%C3%A7%C3%A3o+de+Energia+El%C3%A9trica+no+Brasil_ANEEL.pdf/a5822d40-a750-7434-6905-9a53c971b951>. Acesso em: 20/10/2018.

BACELLAR, R. M. B. A água e a energia como elementos essenciais para a qualidade da vida humana: a emergente necessidade de sustentabilidade nos sistemas de produção energética. **Pch Notícias & Shp News**, v. 74, n. 3, p. 15-20, 2017.

BRAGA, B.; et al. **Introdução à Engenharia Ambiental – O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2008.

COSTA, F. F. **Impactos ambientais das pequenas centrais hidrelétricas do estado de Rondônia**. (TCC) Graduação em Engenharia Florestal - Universidade de Brasília, 2017.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota Técnica DEN 03/08: Considerações sobre a Repotenciação e Modernização de Usinas Hidrelétricas**. Rio de Janeiro, 2008.

MAIA, A. G. **As conseqüências do assoreamento na operação de reservatórios formados por barragens**. (Tese) Doutorado em Engenharia Civil - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

MALDONADO, O. A.; PANUNCIO, P. A.; SILVA, D. F.; SILVEIRA, J. L. Technique-economical viability of repowering of small hydroelectric power plant considering the social insert and environmental preservation. **Renewable Energy & Power Quality Journal**, v. 1, n. 4, p. 211-215, 2006.

NETO, A. A. S. M.; MORET, A. S. Contribuição Técnica, econômica e ambiental das PCHs no Sistema Elétrico Isolado Rondônia. **Revista Espaço Energia**, n. 9, p. 25-33, 2008.

OLIVEIRA, M. A. Modelo para análise da viabilidade técnica, econômica e ambiental da repotenciação de pequenas centrais hidrelétricas. **Pch Notícias & Shp News**, v. 74, n. 2, p. 5-10, 2017.

OLIVEIRA, M. A. **Repotenciação de Pequenas Centrais Hidrelétricas: avaliação técnica e econômica.** (Dissertação) Mestrado em Engenharia de Energia – Universidade Federal de Itajubá, 2012.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026.** 2017. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Decenal-de-Expansao-de-Energia-2026>>. Acesso em: 20/10/2018.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **PNE - Plano Nacional de Energia 2030**, v. 12, Brasília, 2007.

THE WORLD BANK, **Electric power transmission and distribution losses (% of output).** 2018. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS?end=2014&name_desc=false&start=1960&view=chart>. Acesso em 29/10/2018.

VUKOSLAVČEVIĆ, P. The influence of the design flow rate on the economical and ecological aspects of SHP - Small Hydropower Plants. **Machine Design**, v. 9, n. 4, p. 161-168, 2017.

REPOTENCIAÇÃO DE PCHS: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

Eduardo Egidio Vicensi Deliza^{1,2}, Fabrício Moraes de Almeida³, Flávio de São Pedro Filho³, Valéria Arenhardt^{1,2} e Roberto Simplício Guimarães¹

1. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia, Vilhena, Rondônia, Brasil;
2. Grupo de Pesquisa GEITEC/UNIR/CNPq, Vilhena, Rondônia, Brasil;
3. Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia, Brasil.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma pesquisa acerca da repotenciação de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs, que está relacionada com inovações energéticas e o desenvolvimento sustentável. Para a obtenção dos dados foi utilizado a técnica de estudo bibliométrico, utilizando a base de dados Scopus Elsevier, através do portal de periódicos da CAPES, considerando dados das últimas duas décadas. Foi possível verificar o aumento no quantitativo de artigos relacionados ao tema com o passar dos anos e analisar os principais autores, os periódicos com maior frequência de publicação no assunto, as principais instituições, os países e áreas do conhecimento relacionadas aos trabalhos, além do levantamento dos artigos mais relevantes em cada um dos temas selecionados. Para melhor interpretação, os dados foram apresentados graficamente.

Palavras-chave: Pequenas Centrais Hidrelétricas, Repotenciação, Inovação Energética, Desenvolvimento Sustentável e Estudo Bibliométrico.

ABSTRACT

The present work aimed to carry out a research on the repowering of Small Hydroelectric Power Plants – SHPs, which is related to energy innovations and sustainable development. To obtain the data, the bibliometric study technique was used, using the Scopus Elsevier database, through the CAPES journal portal, considering data from the last two decades. It was possible to verify the increase in the quantity of articles related to the topic over the years and analyze the main authors, the journals with the highest frequency of publication on the subject, the main institutions, countries and areas of knowledge related to the works, in addition to the survey of the most relevant articles in each of the selected themes. For better interpretation, data were presented graphically.

Keywords: Small Hydroelectric Power Plants, Repowering, Energy Innovation, Sustainable Development and Bibliometric Study.

1. INTRODUÇÃO

No horizonte do Plano Decenal de Expansão (PDE) 2026 (EPE, 2017), para atender à crescente demanda de eletricidade é necessário manter uma matriz energética distribuída, com foco nas fontes renováveis (hidráulica, eólica, solar e biomassa), atendendo às premissas socioambientais. A projeção é que as fontes renováveis sejam responsáveis por 90% da geração de eletricidade em 2026.

Em conjunto, as Usinas Hidrelétricas, Pequenas Centrais Hidrelétricas e Centrais Geradoras Hidrelétricas são responsáveis por 64% de toda eletricidade gerada, sendo 3,62% correspondente às PCHs e CGHs (ANEEL, 2019).

Segundo Oliveira (2012), todos empreendimentos hidrelétricos, seja UHE, PCH ou CGH, em maior ou menor grau, podem passar por processo de repotenciação, seja por subdimensionamento ou defasagem temporal.

Com base no grande ganho energético que pode ser proporcionado através da repotenciação de Pequenas Centrais Hidrelétricas, através da aplicação de novas tecnologias inovadoras ou corrigindo deficiências de projeto, este estudo tem como objetivo analisar como este método tem sido utilizado ao redor do mundo.

2. MATERIAIS E MÉTODO

Para a realização deste trabalho, será aplicado um estudo bibliométrico. Segundo Fonseca (1986), a bibliometria é uma técnica de análise quantitativa e estatística de medição dos índices de produção e disseminação do conhecimento específico.

Será aplicado o modelo proposto por Costa (2010), onde serão levantados dados acerca dos principais autores, países, anos, instituições, periódicos e áreas do conhecimento das publicações relacionadas ao tema repotenciação de Pequenas Centrais Hidrelétricas.

A amostra pesquisada corresponde aos artigos indexados na Base de Dados Scopus Elsevier, com acesso através do Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, em junho de 2019.

A pesquisa foi realizada aplicando-se filtro temporal, entre os anos de 2000 e 2019, e tipo de documento, neste caso, artigos. A tabela 1 mostra as palavras-chave selecionadas para a pesquisa e o quantitativo de artigos encontrados.

Tabela 3. Palavras-chave.

Tema	Palavras-chave	Artigos Encontrados
Pequena Central Hidrelétrica	<i>“Small Hidropower Plant”</i>	199
Repotenciação	<i>“Repowering”</i>	215
Inovação Energética	<i>“Energy Innovation”</i>	9692
Desenvolvimento Sustentável	<i>“Sustainable Development”</i>	77705

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da base de dados Scopus Elsevier, os artigos relacionados a cada uma das palavras-chave foram analisados.

A amostra apresentada contém dados relacionados ao número de publicações por ano, principais autores, periódicos, instituições, países e áreas do conhecimento com maior frequência de publicação, além dos artigos mais relevantes, dentro do intervalo das últimas duas décadas (2000 – 2019).

3.1 PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA – PCH

Para esta sessão, os termos utilizados para a pesquisa foram *“Small Hidropower Plant”*. Aplicando-se o filtro para artigos, a pesquisa retornou 199 resultados.

3.1.1 Publicações por ano

Na figura 1 é possível visualizar graficamente os dados referente às publicações por ano, no intervalo de 2000 a 2019.

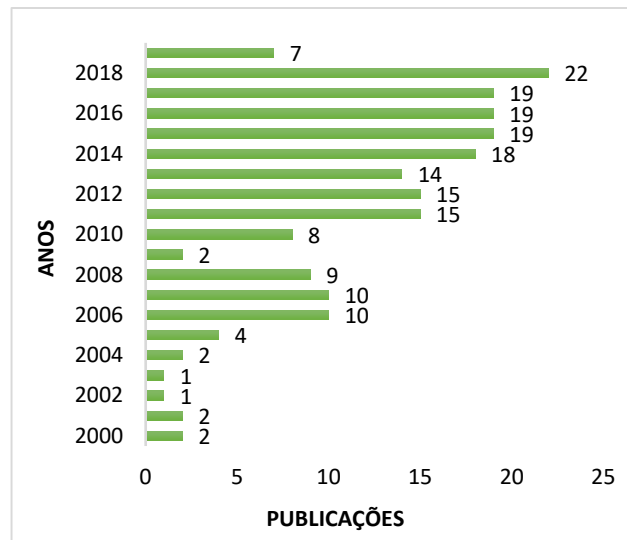


Figura 2. Gráfico de frequência de publicações por ano no período 2000 – 2019.

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

É possível verificar que o ano de 2009 apresentou um número muito baixo de publicações neste tema, apenas duas, posteriormente o volume voltou a crescer. Em 2019 foram encontrados 7 artigos até a data desta pesquisa.

3.1.2 Autores

Os autores que mais publicaram sobre Pequenas Centrais Hidrelétricas, no intervalo 2000 – 2019, são mostrados na figura 2.

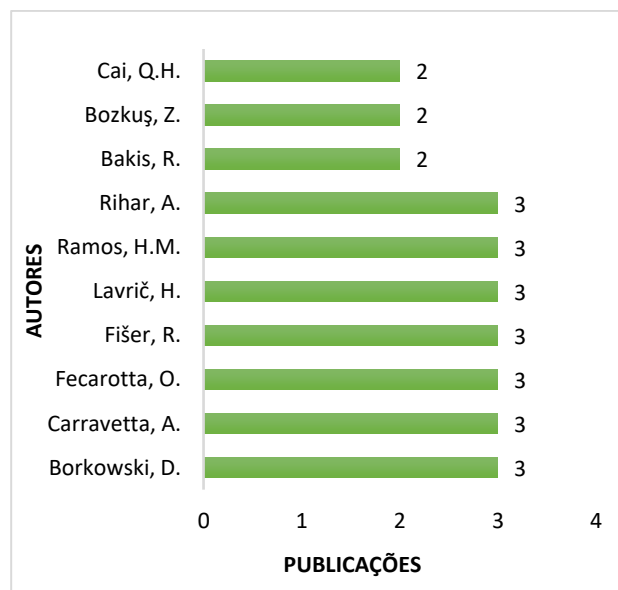


Figura 3. Gráfico de autores com maior frequência de publicação.

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.1.3 Periódicos

Os dados acerca de quais periódicos apresentaram maior publicações no assunto estão apresentados graficamente na figura 3.

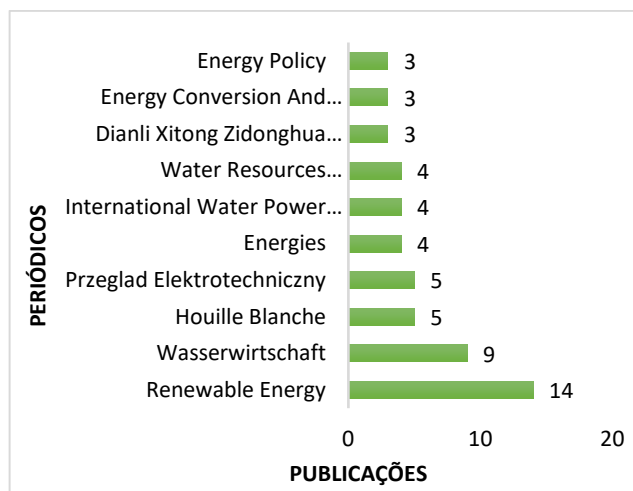


Figura 4. Gráfico de periódicos com maior frequência de publicação.
Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.1.4 Afiliação

Os afiliados que mais contribuíram com as publicações estão ilustrados graficamente na figura 4.

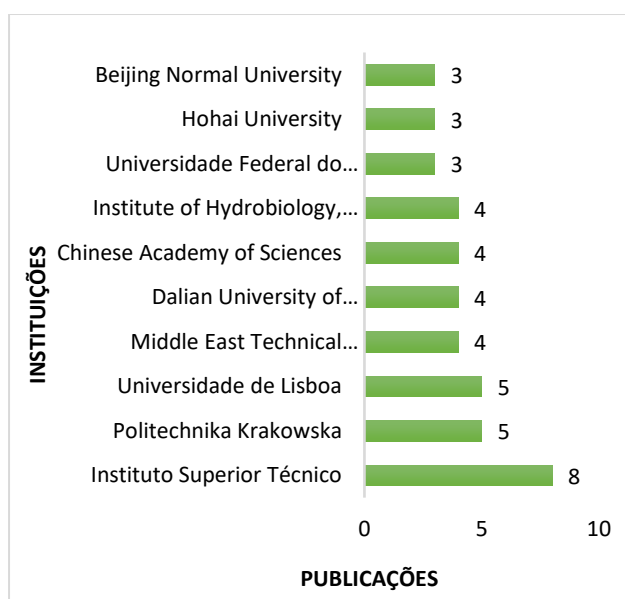


Figura 5. Gráfico de instituições com maior frequência de publicação.
Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

Como observado, o Brasil obteve destaque neste assunto devido ao trabalho da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.

3.1.5 Países

Na figura 5, logo abaixo, estão representados graficamente os países que mais contribuíram com publicações no período analisado.

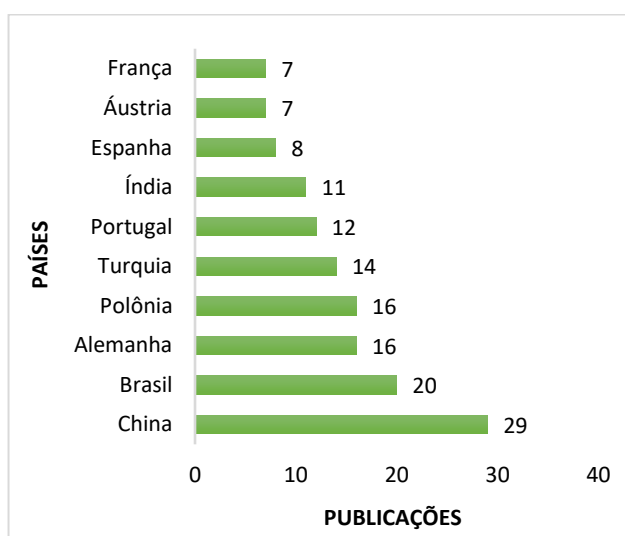


Figura 6. Gráfico dos países com maior frequência de publicação.

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

Com vinte publicações, o Brasil ocupa a segunda posição neste ranking, demonstrando que, além de possuir uma matriz energética predominante da fonte hidráulica, contribui com o desenvolvimento do setor.

3.1.6 Área do Conhecimento

Os dados contidos na Figura 6, ilustrada abaixo, demonstram graficamente as áreas do conhecimento com a maior frequência de publicação sobre o assunto.

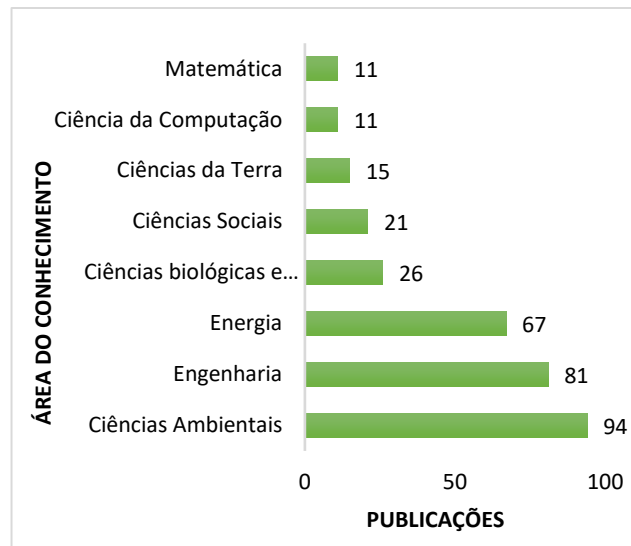


Figura 7. Gráfico das áreas de conhecimento com maior frequência de publicação.

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.1.7 Análise de Artigos

A tabela 2, apresenta os artigos com maior relevância, ou seja, aqueles com o maior número de citações, de acordo com a base de dados.

Tabela 4. Artigos mais relevantes - Pequenas Centrais Hidrelétricas.

Título	Autores	Ano	Citações
Investment timing and optimal capacity choice for small hydropower projects.	BØCKMAN, T. et al.	2008	93
Energy Production in Water Distribution Networks: A PAT Design Strategy.	CARRAVETTA, A. et al.	2012	92
Ecological consequences of hydropower development in Central America: Impacts of small dams and water diversion on neotropical stream fish assemblages.	ANDERSON, E.P. et al.	2006	80
The role of hydroelectric power and contribution of small hydropower plants for sustainable development in Turkey.	DURSUN, B., GOKCOL, C.	2011	66
Optimal sizing of a run-of-river small hydropower plant.	ANAGNOSTOPOULOS, J.S., PAPANTONIS, D.E.	2007	56

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.2. REPOTENCIAÇÃO

Para esta sessão, o termo utilizado para a pesquisa foi “*Repowering*”. Aplicando-se o filtro para artigos, a pesquisa retornou 215 resultados.

3.2.1 Publicações por ano

Na figura 7 é possível visualizar graficamente o número de publicações por ano acerca das repotenciações, no intervalo de 2000 a 2019.

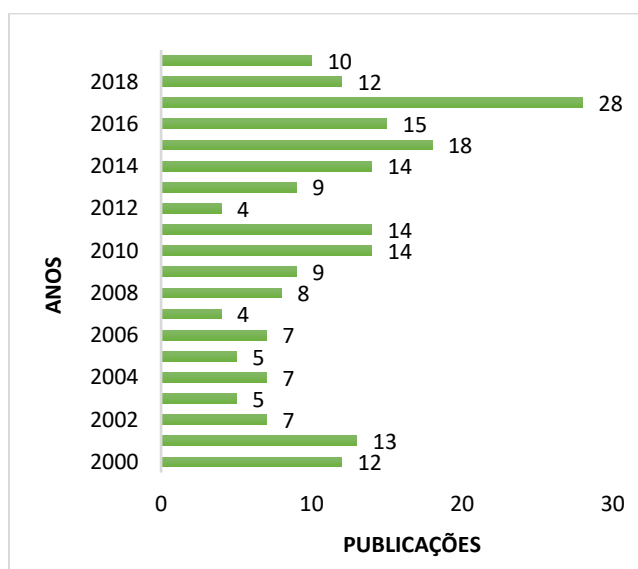


Figura 8. Gráfico de frequência de publicações por ano no período 2000 – 2019.
Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

Nota-se que houve um pico de publicações no ano de 2017 (28 publicações) e uma queda no ano de 2018 (12 publicações). Em 2019 a tendência é que este número volte a aumentar, considerando que até a data da pesquisa já foram publicados 10 artigos.

3.2.2 Autores

Os autores com maior frequência de publicação sobre Pequenas Centrais Hidrelétricas, no intervalo 2000 – 2019, são mostrados na figura 8.

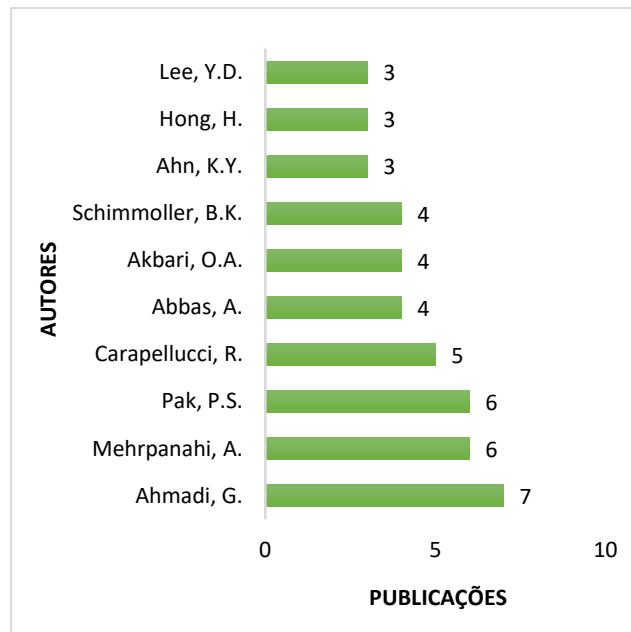


Figura 9. Gráfico de autores com maior frequência de publicação.

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.2.3 Periódicos

Os dados acerca de quais periódicos apresentaram a maior frequência de publicação no assunto estão ilustrados graficamente na figura 9.

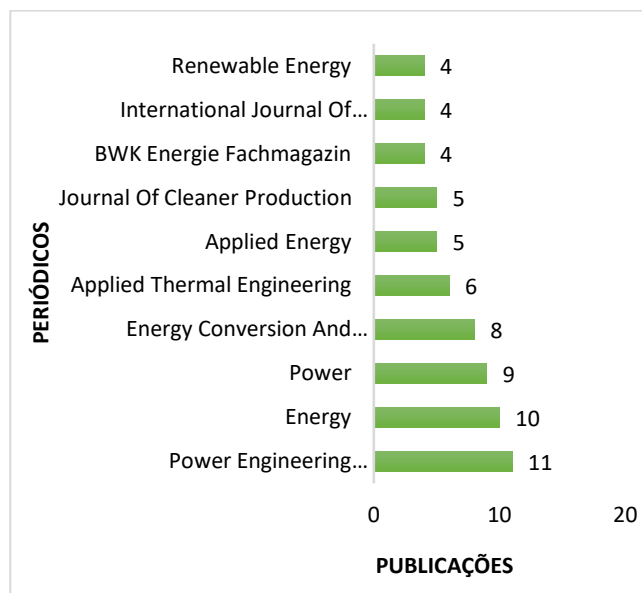


Figura 10. Gráfico de periódicos com maior frequência de publicação.

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.2.4 Afiliação

Os afiliados que mais contribuíram com as publicações estão ilustrados graficamente na figura 10.

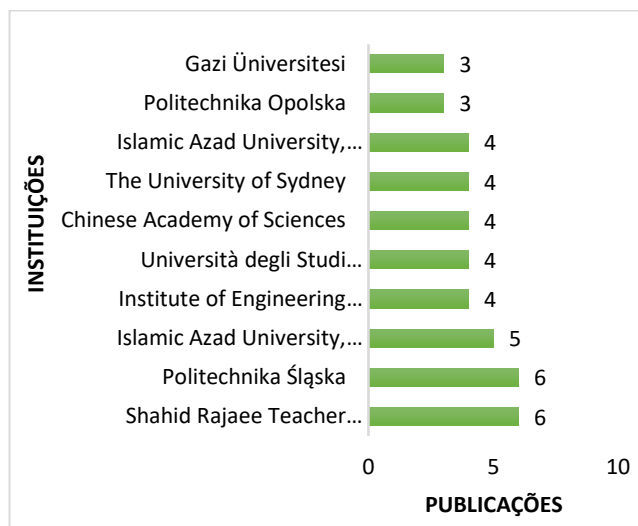


Figura 11. Gráfico de instituições com maior frequência de publicação.

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.2.5 Países

Na Figura 11, logo abaixo, estão representados graficamente os países que mais contribuíram com publicações no período analisado.

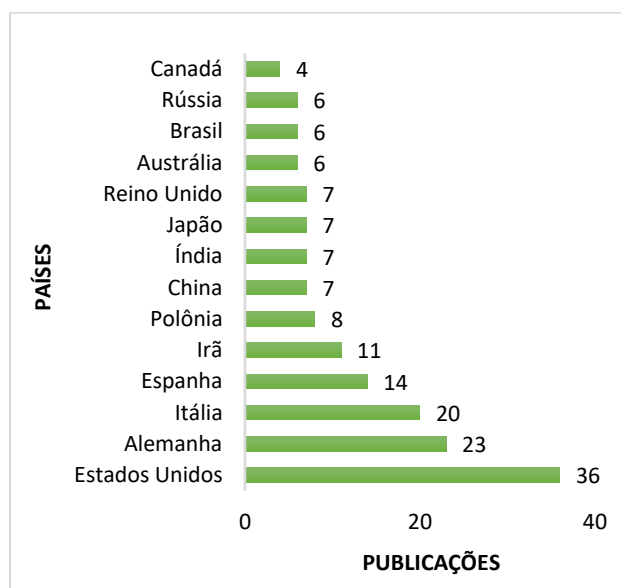


Figura 12. Gráfico dos países com maior frequência de publicação.

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.2.6 Área do Conhecimento

Os dados contidos na figura 12, ilustrada abaixo, demonstram graficamente as áreas do conhecimento com a maior frequência de publicação sobre o assunto.

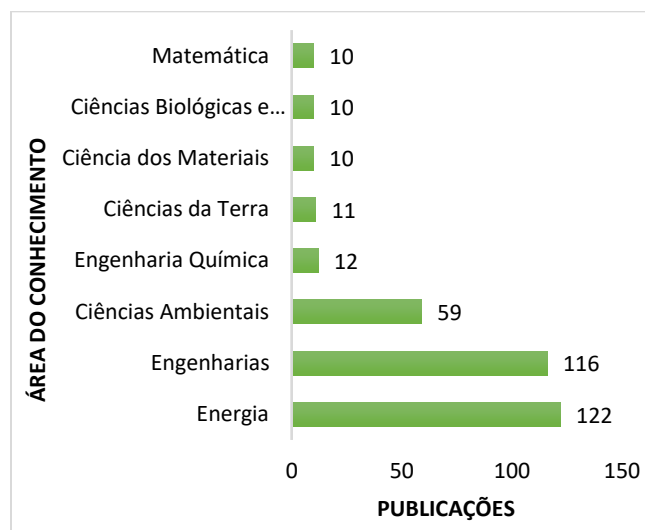


Figura 13. Gráfico das áreas de conhecimento com maior frequência de publicação.

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.2.7 Análise de Artigos

A tabela 3 apresenta os artigos com maior relevância, ou seja, aqueles com o maior número de citações, de acordo com a base de dados.

Tabela 5. Artigos mais relevantes – Repotenciação.

Título	Autores	Ano	Citações
<i>Batteryless, wireless sensor powered by a sediment microbial fuel cell.</i>	DONOVAN, C. et al.	2008	202
<i>Collision fatality of raptors in wind farms does not depend on raptor abundance.</i>	DE LUCAS, M. et al.	2008	118
<i>An option for solar thermal repowering of fossil fuel fired power plants.</i>	POPOV, D.	2011	91
<i>Study and design of a hybrid wind-diesel-compressed air energy storage system for remote areas.</i>	IBRAHIM, H. et al.	2010	84
<i>Efficient use of energy by utilizing gas turbine combined systems.</i>	NAJJAR, Y.S.H.	2001	81

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.3 INOVAÇÃO ENERGÉTICA

Para esta sessão, os termos utilizados para a pesquisa foram “*Energy Innovation*”. Aplicando-se o filtro para artigos, a pesquisa retornou 199 resultados.

3.3.1 Publicações por Ano

Na figura 13 é possível visualizar graficamente o número de publicações por ano acerca do assunto inovação energética, no intervalo de 2000 a 2019.

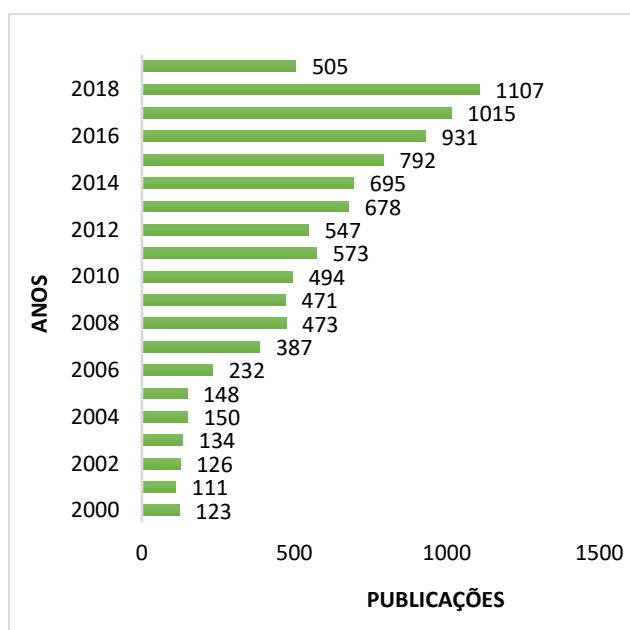


Figura 14. Gráfico de frequência de publicações por ano no período 2000 – 2019.

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.3.2 Autores

Os autores com maior frequência de publicação sobre Pequenas Centrais Hidrelétricas, no intervalo 2000 – 2019, são mostrados na figura 14.

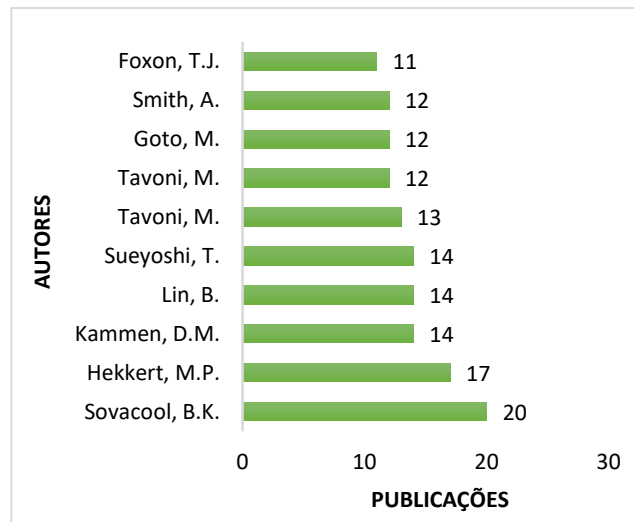


Figura 15. Gráfico de autores com maior frequência de publicação.
 Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.3.3 Periódicos

Os dados acerca de quais periódicos apresentaram a maior frequência de publicação no assunto estão ilustrados graficamente na figura 15.

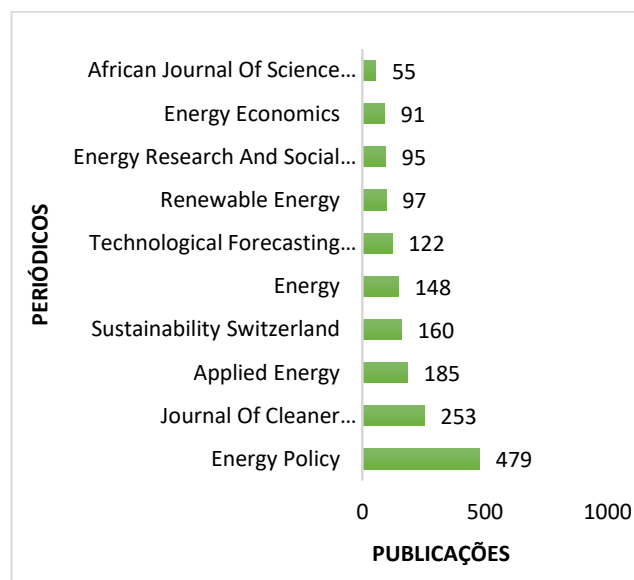


Figura 16. Gráfico de periódicos com maior frequência de publicação.
 Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.3.4 Afiliação

Os afiliados que mais contribuíram com as publicações estão ilustrados graficamente na figura 16.

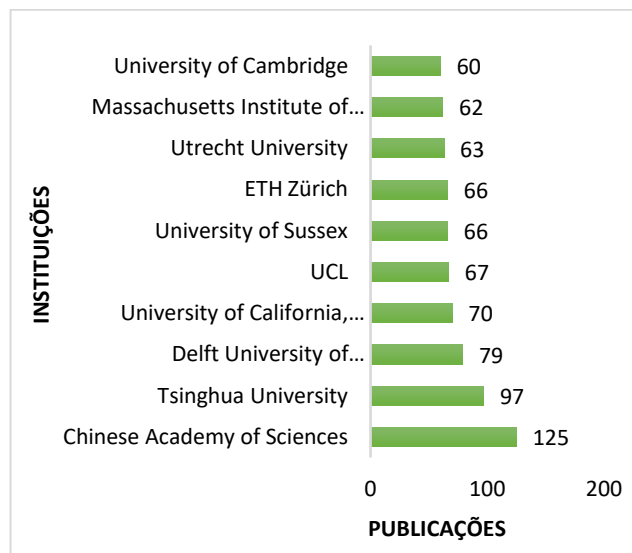


Figura 17. Gráfico de instituições com maior frequência de publicação.

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.3.5 Países

Na figura 17, logo abaixo, estão representados graficamente os países que mais contribuíram com publicações no período analisado.

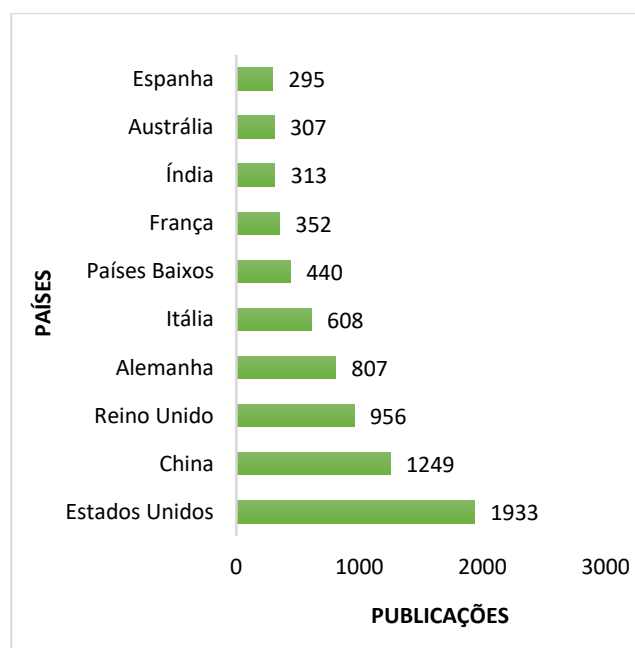


Figura 18. Gráfico dos países com maior frequência de publicação.

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.3.6 Área do Conhecimento

Os dados contidos na figura 18, ilustrada abaixo, demonstram graficamente as áreas do conhecimento com a maior frequência de publicação sobre o assunto.

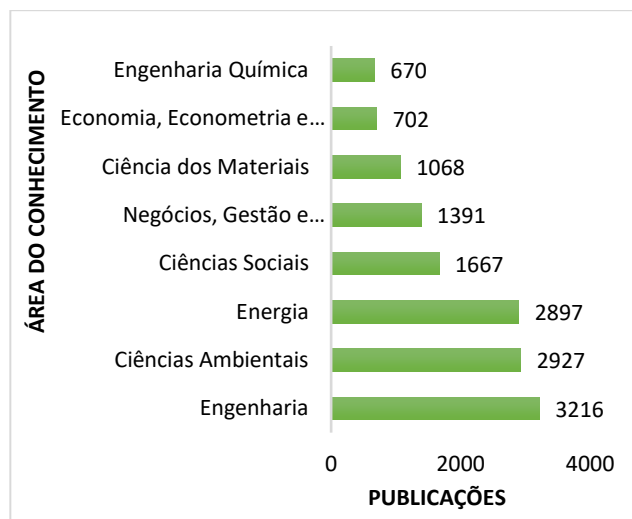


Figura 19. Gráfico das áreas de conhecimento com maior frequência de publicação.
Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.3.7 Análise de Artigos

A tabela 4, apresenta os artigos com maior relevância, ou seja, aqueles com o maior número de citações, de acordo com a base de dados.

Tabela 6. Artigos mais relevantes - Inovação Energética

Título	Autores	Ano	Citações
The Swift gamma-ray burst mission	GEHRELS, N. et al.	2004	2302
Microfibre-nanowire hybrid structure for energy scavenging	Qin, Y., Wang, X., Wang, Z.L.	2008	1111
Coordinated development of leading biomass pretreatment technologies	WYMAN, C.E. et al.	2005	929
Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept	Wüstenhagen, R., Wolsink, M., Bürer, M.J.	2007	882
Polymer-derived ceramics: 40 Years of research and innovation in advanced ceramics	COLOMBO, P. et al.	2010	816

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.4. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Para esta sessão, os termos utilizados para a pesquisa foram “*Energy Innovation*”. Aplicando-se o filtro para artigos, a pesquisa retornou 199 resultados.

3.4.1 Publicações por Ano

Na figura 19 é possível visualizar graficamente o número de publicações por ano acerca do assunto inovação energética, no intervalo de 2000 a 2019.

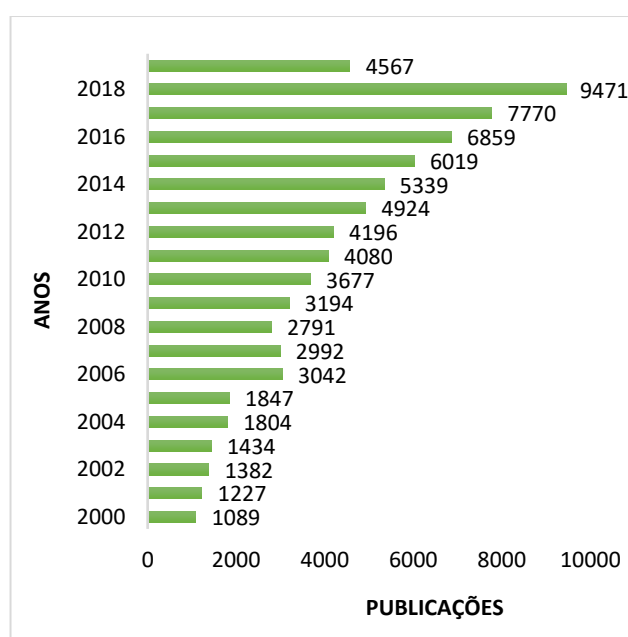


Figura 20. Gráfico de frequência de publicações por ano no período 2000 – 2019.
Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

Como mostrado na figura 19, o número de publicações sobre o desenvolvimento sustentável evoluiu muito ao longo dos últimos vinte anos.

3.4.2 Autores

Os autores com maior frequência de publicação sobre Desenvolvimento Sustentável, no intervalo 2000 – 2019, são mostrados na figura 20.

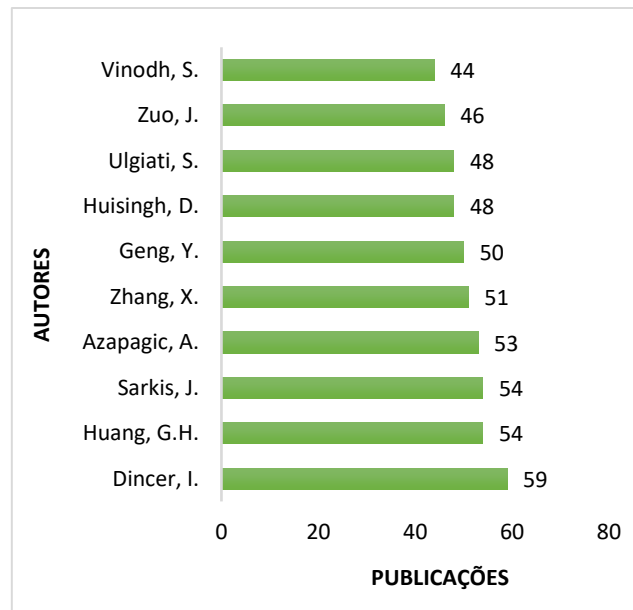


Figura 21. Gráfico de autores com maior frequência de publicação.

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.4.3 Periódicos

Os dados acerca de quais periódicos apresentaram a maior frequência de publicação no assunto estão ilustrados graficamente na figura 21.

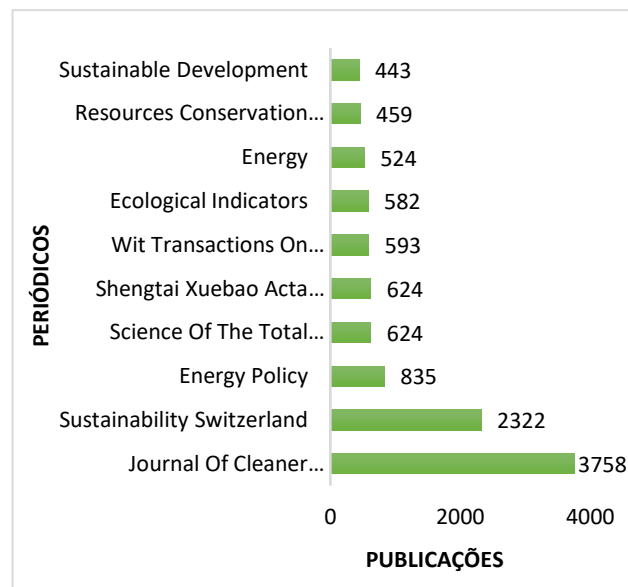


Figura 22. Gráfico de periódicos com maior frequência de publicação.

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.4.4 Afiliação

Os afiliados que mais contribuíram com as publicações estão ilustrados graficamente na figura 22.

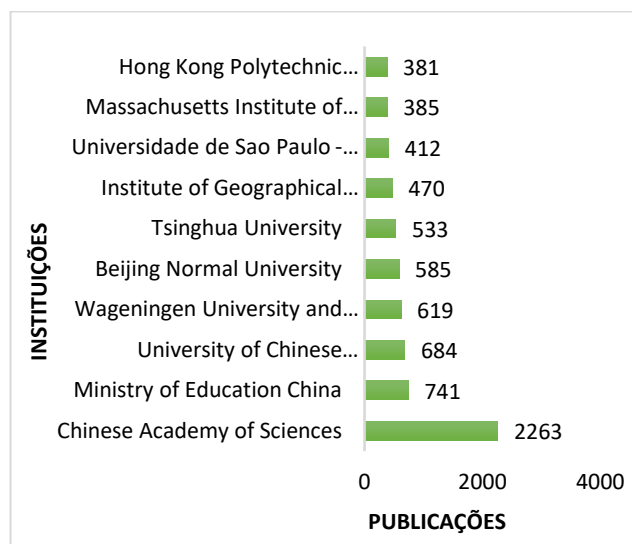


Figura 23. Gráfico de instituições com maior frequência de publicação.

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

Tratando de desenvolvimento sustentável, as instituições que mais frequentemente contribuem com as publicações, são as chinesas, com destaque para a Academia Chinesa de Ciências, com 2263 publicações.

A Universidade de São Paulo (USP) também obteve números relevantes, totalizando 412 publicações no assunto.

3.4.5 Países

Na figura 23, logo abaixo, estão representados graficamente os países que mais contribuíram com publicações no período analisado.

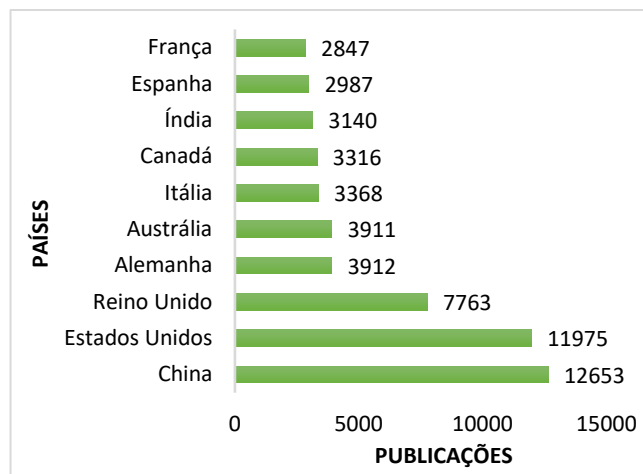


Figura 24. Gráfico dos países com maior frequência de publicação.
Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.4.6 Área do Conhecimento

Os dados contidos na figura 24, ilustrada abaixo, demonstram graficamente as áreas do conhecimento com a maior frequência de publicação sobre o assunto.

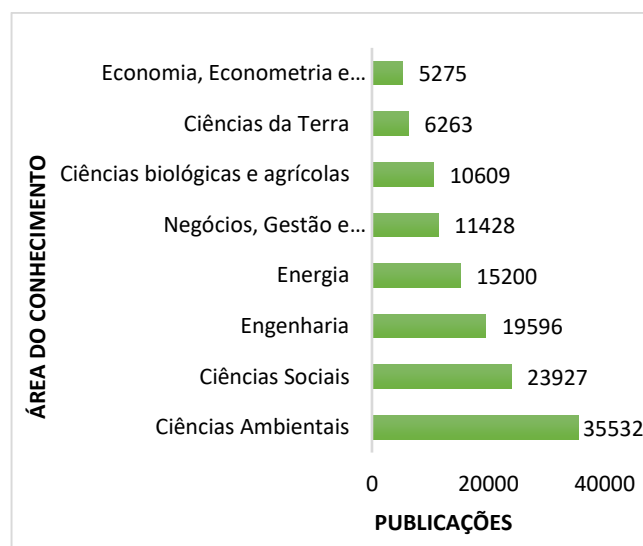


Figura 25. Gráfico das áreas de conhecimento com maior frequência de publicação.
Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

3.4.7 Análise de Artigos

A tabela 5, apresenta os artigos com maior relevância, ou seja, aqueles com o maior número de citações, de acordo com a base de dados.

Tabela 7. Artigos mais relevantes - Desenvolvimento Sustentável.

Título	Autores	Ano	Citações
<i>Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance.</i>	TEECE, D.J.	2007	3234
<i>Solutions for a cultivated planet.</i>	FOLEY, J.A. ET AL.	2011	2368
<i>Adaptation, adaptive capacity and vulnerability.</i>	SMIT, B., WANDEL, J.	2006	2095
<i>From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management.</i>	SEURING, S., MÜLLER, M.	2008	2027
<i>Social and ecological resilience: Are they related?</i>	ADGER, W.N.	2000	1544

Fonte: Adaptado de Scopus (2019).

4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi possível verificar e analisar aspectos relacionados às Pequenas Centrais Hidrelétricas, intervenções via Repotenciação, Inovações Energéticas e Desenvolvimento Sustentável, atendendo ao objetivo proposto.

A técnica de estudo bibliométrico se mostrou eficaz, juntamente com a escolha de uma base de dados adequada, neste caso, a Scopus Elsevier. Neste estudo, optou-se por levantar dados quanto ao número de publicações por ano, principais autores, periódicos, instituições, países e áreas do conhecimento, mas isto não é uma regra, a metodologia pode ser aplicada para outras variáveis.

Os países com maior frequência de publicações foram Estados Unidos e China, sendo este último o que mais teve artigos relacionados às pequenas centrais hidrelétricas. O Brasil também apresentou excelentes números neste tema.

É importante ressaltar que a repotenciação de PCHs é indissociável da inovação energética e do desenvolvimento sustentável, tendo em vista os grandes benefícios que o investimento nesta fonte de energia renovável traz para a matriz energética nacional e, conseqüentemente, para toda a sociedade.

Finalmente, verifica-se que é crescente o número de trabalhos relacionados aos temas abordados neste artigo, comprovando que tem aumentado, a nível mundial, a necessidade de se atingir o “aproveitamento ótimo” dos recursos hídricos, seja nos países desenvolvidos, onde grande parte dos recursos já foram explorados, seja no Brasil, onde ainda há um grande potencial a ser aproveitado.

5. REFERÊNCIAS

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Banco de Informações de Geração: Capacidade de Geração do Brasil**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 03/06/2019.

ARAÚJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, v.12, n. 12, p. 11-32, 2006.

ABRAGEL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GERAÇÃO DE ENERGIA LIMPA. **Seminário Desafios da Geração de Energia Elétrica no Brasil (ANEEL)**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/10184/15266087/painel+3+ap+4+ABRAGEL+-+2017-10-19+-+Semin%C3%A1rio+Desafios+da+Gera%C3%A7%C3%A3o+de+Energia+El%C3%A9trica+no+Brasil_ANEEL.pdf/a5822d40-a750-7434-6905-9a53c971b951>. Acesso em: 20/10/2018.

COSTA, H. Modelo para webibliomining: proposta e caso de aplicação. **Rev FAE**, v. 13, n.1, p. 115-126, 2010.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026**. Brasília: MME/EPE, 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/0/PDE2026.pdf/474c63d5-a6ae-451c-8155-ce2938fbf896>>. Acesso em: 20/10/2018.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia 2030**. v. 12, Brasília, 2007.

FONSECA, E. N. **Bibliometria: teoria e prática**. São Paulo, Cultrix; Editorada USP, 1986.

OLIVEIRA, M. A. **Repotenciação de Pequenas Centrais Hidrelétricas: avaliação técnica e econômica**. (Dissertação) Mestrado em Engenharia de Energia – Universidade Federal de Itajubá, 2012.

ENAMINOÉSTERES COMO AGENTES ANTICORROSIVOS PARA AÇO-CARBONO EM MEIO ÁCIDO

Mariana Falcão Lopes Princisval Carlos¹, Arthur Valbon Rodrigues², Neubi Francisco Xavier Junior¹, Margareth Rose Lima Santos¹, Glauco Favilla Bauerfeldt³ e Aurea Echevarria³

1. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Instituto de Química, Programa de Pós-Graduação em Química, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil;
2. Soul Stone Solutions, Vargem Alta, Espírito Santo, Brasil;
3. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Professor do Instituto de Química, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil.

RESUMO

Corrosão pode ser definida como a deterioração de materiais, geralmente metálicos, por ação física, química ou eletroquímica do meio. Dentre os diversos materiais que podem sofrer corrosão, o aço carbono é o mais utilizado na indústria. Enaminoésteres são compostos considerados potenciais inibidores de corrosão devido a presença de grupos acila, amino e ligação dupla. Neste trabalho, três enaminoésteres foram sintetizados, derivados da anilina, benzilamina e fenetilamina, e sua atividade anticorrosiva avaliada através de experimentos eletroquímicos: Polarização Potenciodinâmica (PP), Resistência à Polarização Linear (RPL) e Espectroscopia de Impedância Eletroquímica (EIE). O enaminoéster derivado da fenetilamina mostrou a melhor eficiência anticorrosiva com 90% e 92% pelas técnicas de EIE e RPL, respectivamente. Cálculos teóricos foram utilizados para calcular a energia do orbital de fronteira HOMO (E_{LUMO}), LUMO (E_{HOMO}), a diferença de energia entre os orbitais ($\Delta E_{LUMO-HOMO}$) e momento de dipolo (μ). Os parâmetros teóricos foram correlacionados com os resultados experimentais mostrando significativa correlação. É importante destacar que parte destes resultados foram publicados na revista Brazilian Journal of Development, conforme citação no corpo de manuscrito.

Palavras-chave: Corrosão, Enaminoésteres e Cálculos teóricos.

ABSTRACT

Corrosion can be defined as the deterioration of materials, usually metallic, by physical, chemical or electrochemical action of the environment. Among the various materials that can suffer corrosion, carbon steel is the most used in the industry. Enaminoesters are compounds considered to be potential corrosion inhibitors due to the presence of acyl, amino and double bond groups. In this work, three enaminoesters were synthesized, derived from aniline, benzylamine and phenethylamine, and their anticorrosive activity was evaluated through electrochemical experiments: Potentiodynamic Polarization (PP), Linear Polarization

Resistance (LPR) and Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS). The enaminoester derived from phenethylamine showed the best anticorrosive efficiency with 90% and 92% by the EIE and RPL techniques, respectively. Theoretical calculations were used to calculate the energy of the HOMO (E_{LUMO}), LUMO (E_{HOMO}) boundary orbital, the energy difference between the orbitals ($\Delta E_{LUMO-HOMO}$) and dipole moment (μ). The theoretical parameters were correlated with the experimental results showing a significant correlation. It is important to highlight that part of these results were published in the Brazilian Journal of Development, as cited in the manuscript body.

Keywords: Corrosion, Enaminoesters and Theoretical calculations.

1. INTRODUÇÃO

Corrosão é um processo espontâneo que pode ser definida como a deterioração de um material, geralmente metálico, por ação química ou eletroquímica do meio ambiente podendo estar ou associada a esforços mecânicos. Encontram-se deteriorações em variados seguimentos, desde a indústria química e setor automobilístico, até na medicina e odontologia (GENTIL, 2014).

Como Nunes (2007) discorre, dependendo do tipo de ação do meio sobre o material, os processos corrosivos podem ser classificados em dois grupos, abrangendo quase todos os casos de deterioração por corrosão:

- Corrosão Eletroquímica – processo de corrosão mais frequente na natureza (Figura 1). Estes processos eletroquímicos se realizam na presença de água líquida devido à formação de pilhas ou células de corrosão em temperaturas abaixo do ponto de orvalho.

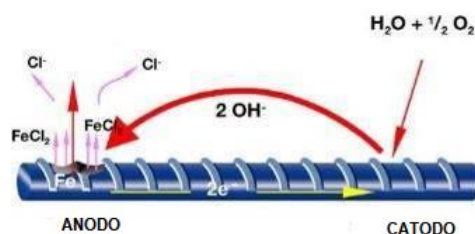


Figura 1. Exemplo de corrosão eletroquímica em uma barra de ferro.
Fonte: Adaptado de Nunes (2007).

- Corrosão Química – processo que se realiza na ausência de água (Figura 2), em temperaturas acima do ponto de orvalho da água devido à interação direta entre o metal e o meio corrosivo.

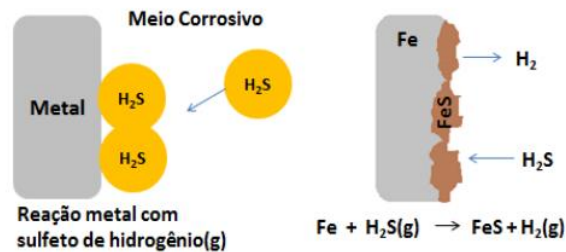


Figura 2. Exemplo de mecanismo de corrosão química.
Fonte: Adaptado de Almeida (2017).

Metais são materiais muito susceptíveis a corrosão, dentre eles pode-se citar os aços carbonos que são ligas metálicas muito empregadas no setor industrial, em sua maioria, na indústria do petróleo. Estas ligas são constituídas principalmente de ferro, carbono, silício e manganês, podendo apresentar em percentuais controlados e outros elementos inerentes ao processo de fabricação como: fósforo e enxofre (Figura 3) (LIENGEN et al., 2014).

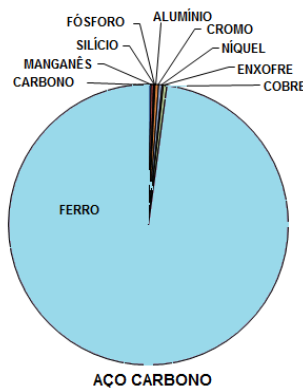


Figura 3. Composição do aço carbono.
Fonte: Adaptado de Gerdau (2017).

Um dos tipos de aço é o aço carbono AISI 1020, e é um dos aços mais utilizados devido a sua baixa temperabilidade, excelentes forjabilidade e soldabilidade. Essa liga possui baixo teor de carbono e uma excelente relação custo-benefício comparado aos aços utilizados para os mesmos propósitos. Sua aplicabilidade é diversa e muito utilizada nas

formas estruturais (viga, canaletas e ferros angulados) e chapas para tubulações, confecções de tanques de armazenamento, edificações, pontes, entre outros (GERDAU, 2017).

Encontrar soluções técnicas, econômicas e ambientais viáveis para mitigação dos processos corrosivos é um desafio diário de engenheiros e técnicos. Um dos principais gargalos científicos é desenvolver melhores formas de monitorar e controlar a corrosão e, portanto, minimizar o uso de recursos naturais escassos e que não agredem ao meio ambiente.

Uma opção para prevenir este problema é a utilização de inibidores de corrosão, que são adicionados ao meio agressivo com o intuito de minimizar ou parar o processo de corrosão. Pesquisas mostram que um grande número de compostos inorgânicos e orgânicos têm sido sintetizados e empregados como inibidores de corrosão e sugerem que a corrosão no aço deve ser controlada pelo uso de substâncias contendo nitrogênio, oxigênio ou enxofre no sistema (GOVINDASAMY et al., 2015). Ou seja, quaisquer fatores que bloqueiam o contato entre a fase aquosa e a superfície metálica contribuem para minimização dos processos corrosivos (POMINI, 2013).

A eficiência dos inibidores orgânicos de corrosão está associada à natureza dos grupos funcionais contidos em sua estrutura, além de depender das taxas de adsorção e capacidade de cobertura sobre as superfícies metálicas. A adsorção do inibidor depende de vários fatores como: estrutura molecular, carga da superfície do metal e do tipo de eletrólito. Uma grande quantidade de compostos orgânicos possui algumas características estruturais para atuarem como inibidores de corrosão, principalmente aqueles que contêm em sua estrutura heteroátomos, uma vez que esses elementos permitirão uma adsorção na superfície do metal devido a presença de pares de elétrons livres, e ou elétrons π presentes nessas moléculas. Os inibidores devem ter propriedades de solubilidade ou de dispersão para prevenir a corrosão na presença de água, caso contrário não será efetivo, mesmo se possuírem as características mencionadas acima (GUTIÉRRES et al., 2016).

Neste trabalho estudou-se a classe dos enaminoésteres, uma vez que contém um sistema conjugado $N-C=C-C=O$, combinando a nucleofilicidade de enaminas com a eletrofilicidade de enonas e são considerados como intermediários bastante versáteis em processos de síntese orgânica de outras moléculas. Este padrão estrutural determina sua reatividade devido à distribuição eletrônica através dos centros reativos e também, da distância interatômica entre eles (FERRAZ; PEREIRA, 2004; ORIQUES, 2005).

A figura 4 representa o esqueleto básico de um β -enamino composto, que possui reatividade devido ao grupo amino na posição β , a um carbono carbonílico e à insaturação α a este carbono.

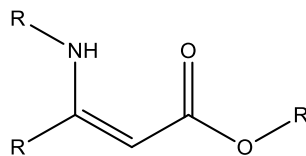


Figura 4. Estrutura básica de um β -enamino composto.

Dessa forma, no presente capítulo apresentamos a síntese e caracterização de três β -enaminoésteres e suas respectivas eficiências como agentes inibidores de corrosão, através de técnicas eletroquímicas. Destacamos que parte desses resultados foram publicados no Brazilian Journal of Development (CARLOS et al., 2021) e, neste capítulo realizamos uma releitura com maior aprofundamento das técnicas e ampliando nossos resultados com a apresentação de novos dados obtidos.

2. MATERIAIS E MÉTODO

2.1. MATERIAIS E REAGENTES

Os reagentes utilizados na síntese não necessitaram de pré-tratamento e, o acompanhamento das reações se deu através de cromatografia de camada fina (CCF) com sílica gel 60 da marca Merck revelada através de luz ultravioleta nos comprimentos de onda de 254 e 365 nm. Nos ensaios eletroquímicos foi utilizada água ultrapura MilliQ. A caracterização espectroscópica dos compostos sintetizados foi realizada através de técnicas espectroscópicas de ressonância magnética nuclear de hidrogênio e carbono-13 (RMN de ^1H e ^{13}C) e infravermelho. Os espectros de RMN foram obtidos em equipamento Bruker NMR Ultrashield 500 MHz e os de infravermelho através do espectrofotômetro Vertex 70 da Bruker.

2.2. SÍNTESE

A síntese dos três enaminoésteres foi realizada em balão de fundo redondo, sendo adicionado acetoacetato de etila, o ácido *p*-toluenossulfônico e etanol (80 mL), como solvente (Figura 5). A mistura foi mantida sob agitação magnética durante 10 minutos a temperatura ambiente e, após, adicionou-se a amina substituída, seguida de peneira molecular 4AMS. Deixando a mistura sob agitação magnética à temperatura ambiente durante um período de 20-24 horas, sendo acompanhada por CCF e utilizando com eluente acetato de etila:hexano (15% v/v, em acetato de etila).

Após o tempo reacional, a solução foi filtrada e o solvente evaporado através de rotaevaporador. Dissolveu-se o resíduo em diclorometano (50 mL) e adicionou-se solução aquosa de bicarbonato de sódio 5% (p/v), até pH neutro, finalizando o tratamento com água destilada, para realizar uma extração líquido-líquido. As fases orgânicas reunidas foram secas com sulfato de sódio anidro, filtradas, e o solvente evaporado à pressão reduzida, onde obteve-se os produtos em forma de óleo.

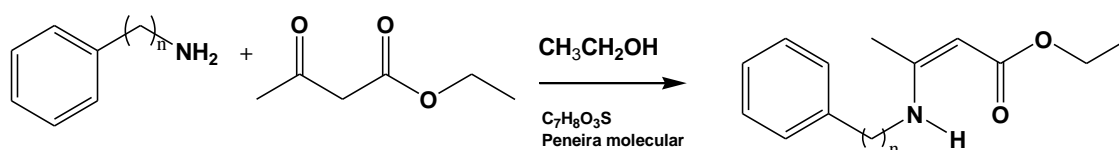
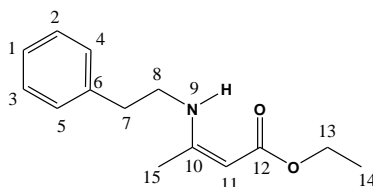
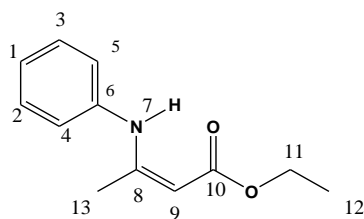


Figura 5. Reação utilizada para a obtenção dos enaminoésteres.

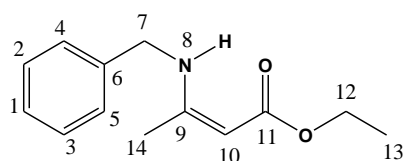
Caracterização espectroscópica



EN1. Óleo amarelo claro; rendimento: 74%; $\eta_p = 1,549$ (KALSHETTY et al., 2012); IV (KBr; ν cm^{-1}) 3284 (ν N-H), 3027 (ν C-H_{Ar}), 1647 (ν C=O), 1600 (ν C=C), 1498 (δ N-H), 1058 (ν C-N), 1164/ 1105 (ν C-O); RMN ^1H (CDCl_3) δ 8,67 (s, 1H, H-9), 7,33 (m, 2H, H-3, H-2), 7,23 (m, 2H, H-4, H-5), 4,45 (s, 1H, H-11), 4,10 (q, $J = 8$ Hz, 2H, H-13), 3,45 (m, 2H, H-8), 2,87 (t, $J = 5$ Hz, 2H, H-7), 1,84 (s, 3H, H-15), 1,27 (t, $J = 8$ Hz, 3H, H-14); RMN ^{13}C DEPTQ 135 (CDCl_3) δ 170,6 (C-12), 161,6 (C-10), 138,6 (C-6), 128,8 (C-2, C-3), 128,6 (C-4, C-5), 126,6 (C-1), 82,3 (C-11), 58,3 (C-13), 44,8 (C-8), 37,3 (C-7), 19,3 (C-15), 14,7 (C-14).



EN4. Óleo amarelo; rendimento: 92%; $\eta_p = 1,582$ (GHOLAP et al., 2006) ; IV (KBr; $\nu \text{ cm}^{-1}$) 3261 (ν N-H), 1650 (ν C=O), 1694 (ν C=C), 1494 (δ N-H), 1267 (ν C-N), 1161/ 1060 (ν C-O); RMN ^1H (CDCl_3) δ 10,42 (s, 1H, H-7), 7,35 (m, 1H, H-1), 7,12 (m, 2H, H-2, H-3), 6,73 (m, 2H, H-4, H-5), 4,72 (s, 1H, H-9), 4,19 (q, $J=8$ Hz, 2H, H-11), 2,02 (s, 1H, H-13), 1,32 (t, $J=8$ Hz, 3H, H-12); RMN ^{13}C DEPTQ 135 (CDCl_3) δ 170,4 (C-10), 159,0 (C-8), 139,3 (C-6), 129 (C-2, C-3), 124,4 (C-4, C-5), 118,6 (C-6), 86 (C-9), 58,8 (C-11), 20,3 (C-13), 14,6 (C-12).



EN7. Óleo amarelo; rendimento: 93%; $\eta_p = 1,554$ (GHOLAP et al., 2006); IV (KBr; $\nu \text{ cm}^{-1}$) 3287 (ν N-H), 3029 (ν C-H_{Ar}), 1648 (ν C=O), 1599 (ν C=C), 1496 (δ N-H), 1231 (ν C-N), 1167 / 1113 (ν C-O); RMN ^1H (CDCl_3) δ 8,97 (s, 1H, H-8), 7,37 (m, 2H, H-3, H-2), 7,29 (m, 1H, H-1), 7,27 (m, 2H, H-4, H-5), 4,55 (s, 2H, H-7), 4,45 (s, 1H, H-10), 4,13 (q, $J=8$ Hz, 2H, H-12), 1,93 (s, 3H, H-14), 1,28 (t, $J=8$ Hz, 3H, H-13); RMN ^{13}C DEPTQ 135 (CDCl_3) δ 170,6 (C-11), 161,5 (C-9), 138,7 (C-6), 128,8 (C-2, C-3), 127,3 (C-4, C-5), 126,7 (C-1), 83,2 (C-10), 58,4 (C-12), 46,8 (C-7), 19,4 (C-14), 14,6 (C-13).

2.3. TESTES ELETROQUÍMICOS

Foram realizados três testes eletroquímicos, sendo eles: espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE), resistência a polarização linear (RPL) e polarização potenciodinâmica (PP). Os quais, foram realizados em célula eletroquímica, utilizando o eletrodo de referência em Ag/AgCl (prata/cloreto de prata), eletrodo auxiliar de platina e o eletrodo de trabalho em aço carbono AISI 1020, com área superficial de 0,8 cm² e densidade de 7,86 g.cm⁻³.

Para a preparação dos ensaios, lixou-se o eletrodo de trabalho com três lixas de granulometrias diferentes (400, 600 e 1200), desgordurando com etanol e seco com papel toalha. Todos os experimentos ocorreram em sistema aberto, utilizando potencial de circuito aberto (OCP) de 30 minutos na presença de inibidor e, foram realizados no Autolab Potentiostat/Galvanostat modelo PGSTAT 302N, sendo posteriormente, analisados no software NOVA 1.9.

Primeiramente a solução do branco foi analisada, solução essa que continua apenas etanol/água MilliQ (70 mL de etanol e 30 mL de água MilliQ) e solução de HCl 0,5 mol L⁻¹, posteriormente a solução contendo os inibidores foi analisada, em quatro concentrações diferentes de 1,0x10⁻², 1,0x10⁻³, 1,0x10⁻⁴ e 1,0x10⁻⁵ mol L⁻¹. Os ensaios eletroquímicos foram realizados na temperatura de 25 °C.

As curvas de polarização potenciodinâmica, os diagramas de impedância eletroquímica e de resistência de polarização linear foram obtidas através do uso do potenciostato acoplado a um microcomputador equipado com o software NOVA 1.9. Os experimentos foram realizados no mínimo em triplicata.

2.4. MÉTODOS COMPUTACIONAIS

Alguns dos descritores teóricos amplamente utilizados para estabelecer correlações com a eficiência de inibição de corrosão referem-se à Teoria dos Orbitais Moleculares de Fronteira (FMO) e ao momento dipolo (OBOT; MACDONALD; GASEM, 2015). Com respeito à FMO, a energia do orbital HOMO pode ser associada com a capacidade que a molécula tem de doar elétrons para a superfície metálica, enquanto a energia do orbital LUMO se refere a suscetibilidade da molécula de receber elétrons. Por isso, o valor do gap de energia HOMO-LUMO é uma poderosa ferramenta para avaliar a eficiência de inibição de corrosão (OBOT; MACDONALD; GASEM, 2015).

O momento dipolo (μ) é o descritor mais utilizado para descrever a polaridade de uma molécula e correlacionar com sua eficiência de inibição. É a medida da polaridade de uma ligação covalente e é definido como o produto de cargas de átomos e a distância entre os dois átomos ligantes (OBOT; MACDONALD; GASEM, 2015), como visto na Equação 1.

$$\mu = qR \quad 1)$$

onde q se refere à carga e R à distância. A eficiência de inibição aumenta de acordo com valores altos de momento dipolo de inibidores de corrosão (ISSA; AWAD; ATLAM, 2008). Isso acontece devido às interações eletrostáticas entre os centros de carga das moléculas e a superfície metálica carregada, resultando em uma interação dipolo entre o inibidor e a

superfície (TANG et al., 2008). Altos valores de momento dipolo aumentam a intensidade da adsorção entre o inibidor sobre a superfície metálica (OBOT; MACDONALD; GASEM, 2015).

De forma a obter valores de momento dipolo (μ) e de energia dos orbitais de fronteira (E_{HOMO} e E_{LUMO}), cálculos foram realizados utilizando a teoria do funcional de densidade (DFT) (HOHENBERG; KOHN, 1964; KOHN; SHAM, 1965) como implementado no programa ORCA (NEESE, 2018), adotando o funcional M06-2X (ZHAO; TRUHLAR, 2008) e base 6-31G(d,p) (HARIHARAN; POPLE, 1973). Funcionais híbridos permitem a determinação de momentos de dipolo com um erro menor que 6%, em relação à cálculos mais refinados, como *coupled-cluster*, com um menor custo computacional (HAIT; HEAD-GORDON, 2018). Almejando uma melhor descrição das energias dos orbitais HOMO-LUMO, cálculos single-point foram realizados em nível RHF/6-311++G(2d,2p).

Em todos os cálculos, o efeito do solvente foi incorporado pelo modelo de solvente implícito CPCM (*Conductor-Like Polarizable Continuum Model*) (BARONE; COSSI, 1998), no qual o solvente é descrito pela polarização na superfície da cavidade aplicada a cada molécula, em um meio polarizável descrito por uma constante dielétrica. O procedimento SCF no cálculo CPCM garante uma minimização variacional da energia livre do soluto. A energia livre de solvatação é aproximada por (TRUONG; STEFANOVICH, 1995) como visto na Equação 2:

$$\Delta G_{\text{solvente}} = E + (\Delta G_{\text{cavidade}} + \Delta G_{\text{dispersão}}) - E^0 \quad (2)$$

onde E^0 é a energia total da molécula no vácuo, $\Delta G_{\text{cavidade}}$ representa a energia associada com a formação de um buraco no meio contínuo, $\Delta G_{\text{dispersão}}$ representa a dispersão que estabiliza as interações entre solvente e soluto. De forma a melhor descrever o meio reacional experimental, a constante dielétrica média, ε_m , foi adotada, através da equação: $\varepsilon_m = \phi_1 \varepsilon_1 + \phi_2 \varepsilon_2$, onde ϕ_1 e ϕ_2 se referem às frações volumétricas e ε_1 e ε_2 referem-se às constantes dielétricas dos solventes 1 e 2, respectivamente, de acordo com o modelo proposto por Jouyban, Soltanpour e Chan, (JOUYBAN; SOLTANPOUR; CHAN, 2004). Finalmente, foi obtido um valor de $\varepsilon_m = 35,52$, considerando uma mistura contendo 70% de etanol e 30% de água.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. SÍNTESE

A síntese dos β -enaminoésteres foi realizada com sucesso, apresentando bons rendimentos, como pode ser observado na tabela 1. As análises espectroscópicas foram realizadas para confirmação da formação dos enaminoésteres EN1, EN4 e EN7, uma vez que esses compostos já são descritos na literatura (PRAKASHAM et al., 2019; DU et al., 2020), mas sua aplicação como agentes anticorrosivos é inédita.

Tabela 1. Rendimentos e índice de refração da luz dos β -enaminoésteres sintetizados.

Composto	Rendimento bruto (%)	Índice de refração (η_D)
EN1	74	1,549
EN4	92	1,582
EN7	93	1,554

3.2 ENSAIOS ELETROQUÍMICOS

Com o intuito de estudar o efeito anticorrosivo dos β -enaminoésteres sintetizados eles foram avaliados pelas técnicas eletroquímicas de EIE, RPL e PP, em meio de ácido clorídrico com concentração de $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ frente ao aço carbono AISI 1020.

Através da técnica de EIE, foram obtidos os gráficos de Nyquist (Figura 6) construídos através dos valores de E_{corr} nas quatro diferentes concentrações contendo os enaminoésteres, e na solução do branco.

A partir dos diagramas é possível observar um semicírculo único que mudou ao longo do eixo da impedância real (Z), indicando que a corrosão do aço carbono em HCl $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ foi controlada por um processo de transferência de carga. Os valores da resistência de transferência de carga (R_{ct}) foram obtidos a partir do Z . O semicírculo corresponde a um arco capacitivo obtido a partir dos diagramas de impedância eletroquímica.

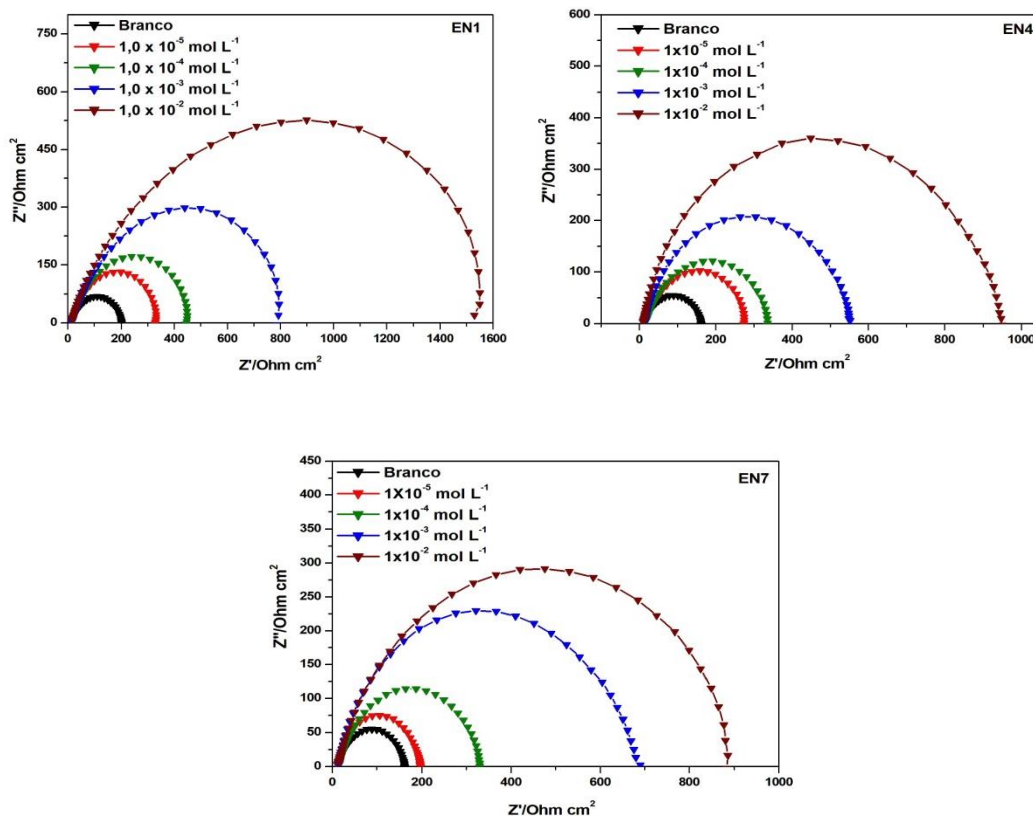


Figura 6. Diagramas de Nyquist para os β -enaminoésteres, EN1, EN4 e EN7, frente ao aço carbono AISI 1020 em HCl 0,5 mol L⁻¹.

Outro ponto importante é que a eficiência máxima se deu na concentração de $1,0 \times 10^{-2}$ mol L⁻¹, maior concentração estudada, a formação de uma camada protetora na interface do metal/superfície pode ser confirmada pelo aumento do R_{ct} .

De acordo com a técnica de EIE o composto que apresentou a maior eficiência de inibição da corrosão foi o EN1, derivado da fenetilamina, sendo de 90%. Na tabela 2 é possível observar os resultados de EIE para os inibidores sintetizados.

Tabela 2. Parâmetros eletroquímicos obtidos através dos ensaios de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE) para os β -enaminoésteres sintetizados em meio de HCl

0,5 mol L⁻¹ em aço carbono AISI 1020.

Inibidor	Conc. (mol L ⁻¹)	OCP/Ag/AgCl (mV)	R _{ct} (Ω cm ²)	θ	C _{dl} (μ F cm ²)	η_{EIE} (%)
Branco	-	- 461	149,95	-	96,62	-
	1,0 x 10 ⁻⁵	- 454	257,17	0,4269	90,13	42
	1,0 x 10 ⁻⁴	- 456	347,44	0,5684	84,38	57
EN1	1,0 x 10 ⁻³	- 442	597,84	0,7492	78,45	75
	1,0 x 10 ⁻²	- 409	1545,04	0,9029	48,56	90
	1,0 x 10 ⁻⁵	- 452	337,75	0,4115	125,35	41
EN4	1,0 x 10 ⁻⁴	- 479	388,45	0,5189	100,26	52
	1,0 x 10 ⁻³	- 466	679,17	0,7080	29,73	70
	1,0 x 10 ⁻²	- 457	1181,20	0,8306	19,27	83
	1,0 x 10 ⁻⁵	- 471	288,48	0,3480	100,48	35
EN7	1,0 x 10 ⁻⁴	-467	445,79	0,5570	90,36	56
	1,0 x 10 ⁻³	- 438	665,63	0,6827	65,80	68
	1,0 x 10 ⁻²	- 488	1002,70	0,8019	27,30	80

^aR²: coeficiente de correlação linear

Os diagramas de Bode para os β -enaminoésteres encontram-se na figura 7 e confirmaram o aumento da impedância total (Z) com a frequência, de maneira consistente com os resultados obtidos com os diagramas de Nyquist, já que em baixas frequências a resistência aumentou com a concentração dos compostos. No gráfico, frequência *versus* ângulo de fase observou-se que o aumento do tempo de contato do aço carbono com a solução contendo os enaminoésteres, levou ao ângulo de fase máximo que indicou, também, um aumento de capacitância.

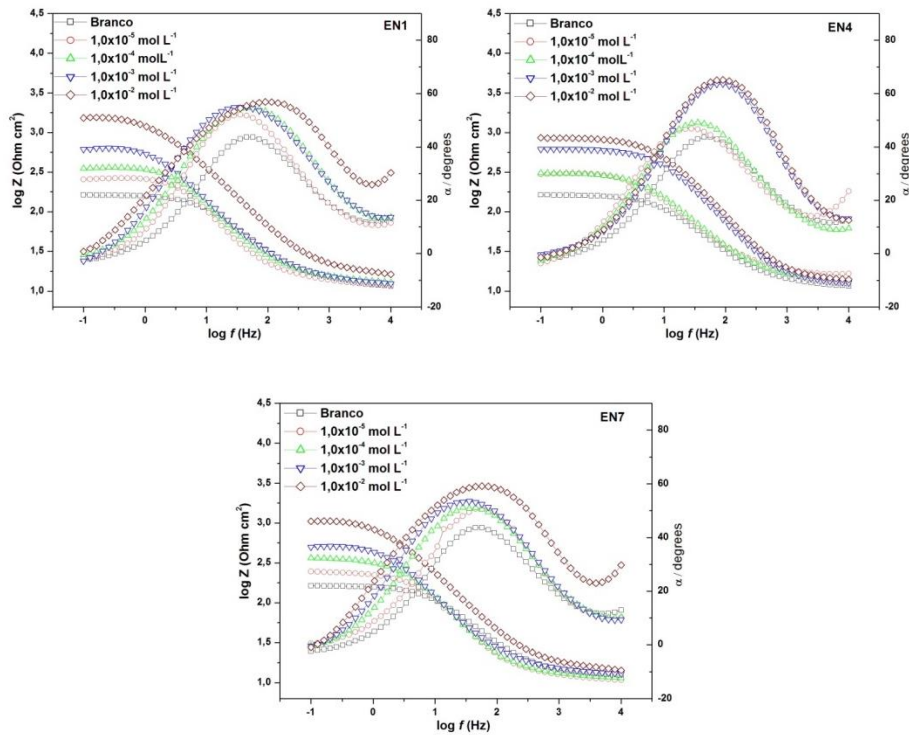


Figura 7. Diagramas de Bode obtidos na ausência e presença dos β -enaminoésteres, frente ao aço carbono AISI 1020 em HCl 0,5 mol L⁻¹.

O circuito equivalente, mostrado na figura 8, se ajustou as curvas de impedância eletroquímica sendo do tipo R(RC). Os gráficos foram gerados a partir do circuito equivalente básico, que é uma mistura paralela de resistência de transferência de carga (R_{ct}) e capacitância de camada dupla (C_{dl}), ambos em série com a resistência de solução (R_s).

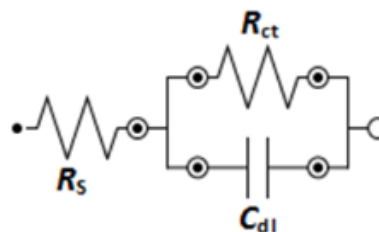


Figura 8. Circuito equivalente utilizado para o ajuste das curvas de EIE dos β -enaminoésteres.

O segundo ensaio eletroquímico realizado foi o de Resistência a Polarização Linear, através do qual também se observou um aumento da eficiência de inibição da corrosão com o aumento da concentração utilizada do inibidor, indicando a maior inibição na concentração de $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ para os enaminoésteres estudados. Mais uma vez o composto EN1 se mostrou o mais eficiente dentre os três avaliados. A eficiência de inibição da corrosão se caracteriza pela diferença entre a resistência de polarização (R_p) do experimento na presença e ausência de inibidor. Na tabela 3 é possível observar os resultados obtidos através da técnica de RPL para os inibidores estudados.

Tabela 3. Resultados dos ensaios de RPL para os β -enaminoésteres EN1, EN4 e EN7 em aço carbono AISI 1020 em meio de HCl $0,5 \text{ mol L}^{-1}$.

Inibidor	Conc. (mol L^{-1})	r^{2a}	R_p ($\Omega \text{ cm}^2$)	θ	η_{RPL} (%)
Branco	-	0,9599	180,22	-	-
EN1	$1,0 \times 10^{-5}$	0,9791	268,31	0,3283	33
	$1,0 \times 10^{-4}$	0,9376	358,01	0,4966	50
	$1,0 \times 10^{-3}$	0,9286	598,67	0,6990	70
	$1,0 \times 10^{-2}$	0,9401	2208,86	0,9184	92
EN4	$1,0 \times 10^{-5}$	0,8594	445,55	0,4944	49
	$1,0 \times 10^{-4}$	0,8318	772,96	0,7085	71
	$1,0 \times 10^{-3}$	0,8642	1268,8	0,8224	82
	$1,0 \times 10^{-2}$	0,8383	2467,6	0,9087	91
EN7	$1,0 \times 10^{-5}$	0,9133	336,74	0,3310	33
	$1,0 \times 10^{-4}$	0,9522	475,07	0,5258	53
	$1,0 \times 10^{-3}$	0,9033	727,89	0,6905	69
	$1,0 \times 10^{-2}$	0,9083	1018,3	0,7788	78

O terceiro, e último ensaio eletroquímico realizado, foi a Polarização Potenciodinâmica (PP), nessa técnica não foi possível calcular os parâmetros de corrosão, como densidade de corrente e eficiência de inibição, isso porque não se observou linearidade das regiões anódicas e catódicas das curvas de Tafel obtidas. Dessa forma, as curvas obtidas foram utilizadas para indicar da natureza do comportamento dos inibidores, podendo ser: i) anódicos: caso inibam as reações de oxidação, ii) catódicos: caso as reações de redução sejam inibidas ou iii) mistos: se ambas as reações forem inibidas.

Os resultados da polarização potenciodinâmica podem ser observados através das curvas de polarização conforme a figura 9. Esses resultados mostraram que os valores da densidade de corrente da corrosão (i_{corr}) diminuíram com adição dos β -enaminoésteres quando comparados com o branco. A diminuição na densidade de corrente de corrosão na presença dos inibidores é atribuída à adsorção de moléculas dos compostos sobre a superfície do metal.

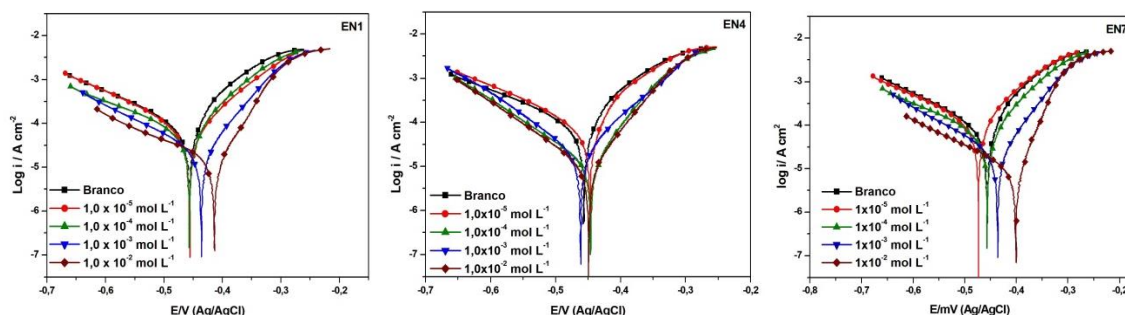


Figura 9. Curvas de polarização para os β -enaminoésteres sintetizados frente ao aço carbono AISI 1020 em HCl 1 mol L⁻¹.

Pode-se observar que as curvas de polarização para EN1 sofreram um leve deslocamento da E_{corr} na direção anódica, indicando que a adição do composto na solução diminuiu a oxidação do aço e retardou a evolução catódica de hidrogênio. Sendo assim, o EN1 pode ser classificado como inibidor de corrosão misto, pois provocou uma diminuição das curvas tanto na região catódica como anódica e, com tendência anódica, naquele meio. Para o EN4 também ocorreu a diminuição de corrente em ambos os lados das curvas, tanto no lado catódico quanto no lado anódico, sendo ele classificado como inibidor misto de corrosão. Para o composto derivado da benzilamina EN7 houve um leve deslocamento para

a direita, que é a região anódica, podendo então ser considerado como um inibidor misto com tendência anódica.

3.3. PROPRIEDADES MOLECULARES DOS INIBIDORES DE CORROSÃO

As geometrias obtidas em nível CPCM-M06-2X/6-31G(d,p), dos inibidores EN1, EN4 e EN7, estão sendo mostradas na figura 10.

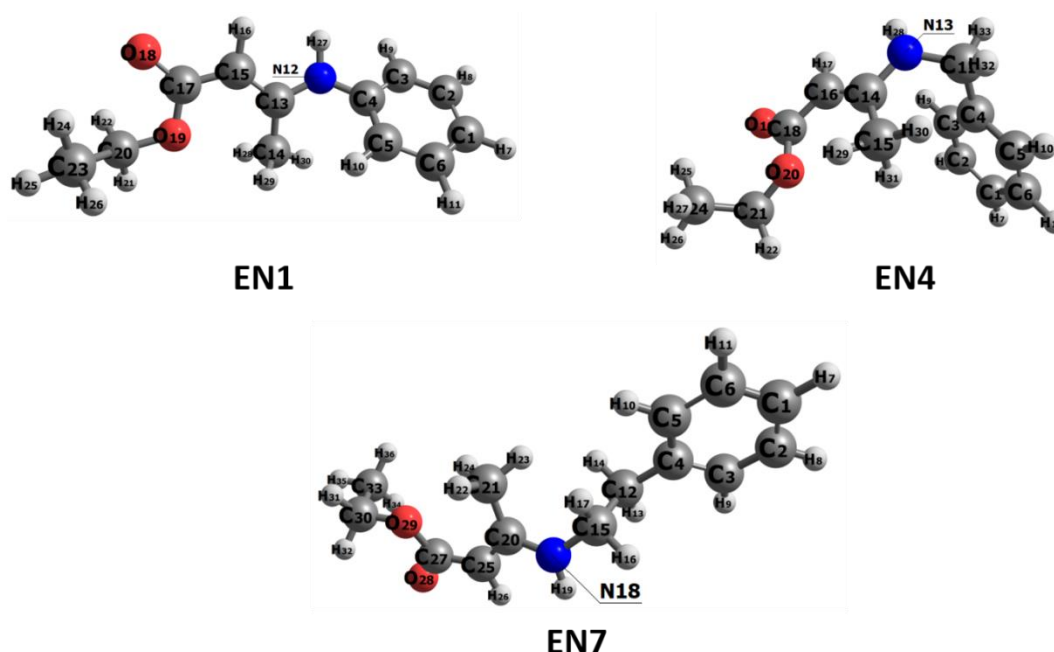


Figura 10. Estruturas dos três inibidores de corrosão estudados neste trabalho, obtidos em nível CPCM-M06-2X/6-31G(d,p).

Altos valores de E_{HOMO} indicam uma maior tendência a interagir com as bandas de condução da superfície metálica, facilitando a adsorção e aumentando a eficiência de inibição. Baixos valores de energia do orbital LUMO indicam uma maior suscetibilidade da molécula de receber elétrons, rendendo boa eficiência de inibição. Baixos valores do gap HOMO-LUMO ($\Delta E_{\text{LUMO-HOMO}}$) indicam maior reatividade da espécie química. Isso acontece porque a energia necessária para remover um elétron do último orbital ocupado doador para o orbital d do metal será pequena. Os orbitais HOMO e LUMO para os inibidores EN1, EN4 e EN7 estão reportados na Figura 11. Nos três inibidores, os carbonos presentes entre o

grupo funcional éster e o nitrogênio possuem maior densidade de orbitais HOMO, indicando as áreas que mais participam da doação de elétrons. Há uma densidade de orbitais LUMO presentes na mesma região e também nos anéis aromáticos, dos três inibidores, indicando uma tendência para a doação de elétrons e adsorção na superfície metálica.

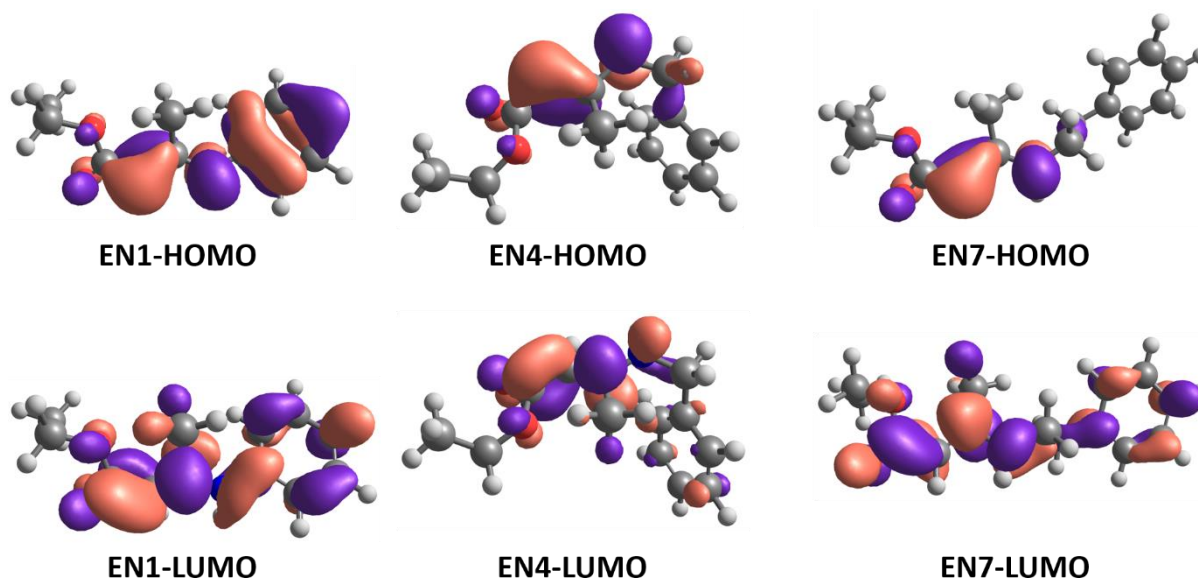


Figura 11. Orbitais HOMO e LUMO para os inibidores EN1, EN4 e EN7, obtidos em nível CPCM-M06-2X/6-31G(d,p).

Através dos valores de energia dos orbitais HOMO e LUMO, obtidos através de cálculos single-point em nível CPCM-RHF/6-311++G(2d,2p) e reportados na Tabela 4, pode-se inferir que EN1 possui a melhor eficiência de inibição de corrosão dentre os três inibidores estudados. Uma maior eficiência de inibição também foi observada nos resultados de momento dipolo, onde EN1 possui o maior valor e, conseqüentemente, uma maior distribuição uniforme de cargas entre os átomos, geralmente relacionada com uma forte adsorção na superfície metálica, se correlacionando assim, com os resultados experimentais.

Tabela 4. Parâmetros teóricos calculados pelo método DFT para os enaminoésteres.

Inibidor	E (eV)		$\Delta E_{LUMO-HOMO}$ (eV)	μ (D)
	HOMO	LUMO		
EN1	-7,1309	-0,0584	7,0725	6,84537
EN4	-8,1332	1,1267	9,2599	6,11221
EN7	-8,7036	1,1123	9,8159	5,33433

Os resultados obtidos permitiram observar que o composto EN1 apresentou menor valor de $\Delta E_{LUMO-HOMO}$ e o maior valor de momento dipolar correlacionado, assim, com a maior eficiência nos ensaios experimentais.

4. CONCLUSÃO

Considerando-se os resultados obtidos, pode-se concluir que a utilização dos β -enaminoésteres estudados neste trabalho, são uma alternativa promissora para inibição da corrosão de aço carbono AISI 1020 em solução ácida, uma vez que, todos os compostos atuaram como inibidores mistos de corrosão.

A síntese desses compostos foi eficiente com bons rendimentos.

O composto EN1 apresentou a melhor eficiência como inibidor de corrosão para aço carbono em meio de ácido clorídrico, dentre os enaminoésteres sintetizados, pois na concentração de $1,0 \times 10^{-2}$ mol L⁻¹ apresentou 92% e 90% de inibição da corrosão pelas técnicas de RPL e EIE, respectivamente, concluindo-se que essas técnicas mostraram-se adequadas e com resultados coerentes na avaliação dos β -enaminoésteres sintetizados como inibidores de corrosão.

A eficiência de inibição dessa classe de moléculas estudadas pode estar relacionada à presença do anel aromático, aos pares de elétrons livres disponíveis no nitrogênio e oxigênio e, também, a presença de dupla ligação alifática, favorecendo a adsorção dos compostos na superfície do metal, inibindo o processo corrosivo.

Por fim, os resultados dos cálculos teóricos corroboraram com os dos métodos experimentais, mostrando sua importância para a prospecção e descoberta de novos agentes de inibição da corrosão.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Apoio ao Pessoal de Ensino Superior (CAPES – Código de Financiamento 001), ao Petróleo Brasileiro (PETROBRAS) e a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pelas bolsas de estudo e financiamento concedidos.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.A. **Investigação da resistência à corrosão do aço AISI 1020 em meio ácido na presença de tiossemicarbazonas, extratos vegetais e suas formulações.** (Tese) Doutorado em Química – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil, 2017.

BARONE, V.; COSSI, M. Quantum calculation of molecular energies and energy gradients in solution by a conductor solvent model. **J Phys Chem A**, v. 102, n. 11, p. 1995–2001, 1998.

CARLOS, M.F.L.P.; VALBON, A.; XAVIER JUNIOR, N.F.; SANTOS, M.R.L.; BAUERFELDT, G.F.; ECHEVARRIA, A. Theoretical and experimental evaluation of the anticorrosive activity of enaminoesters against carbon steel in acid medium. **Braz J Develop**, v. 7, n. 2, p. 17518-17533, 2021.

DU, F.; ZHOU, Q.; SUN, W.; YANG, C.; WU, C.; WANG, L.; et al. 5-Hydroxyindole-Based EZH2 inhibitors assembled via TCCA-catalyzed condensation and Nenitzescu reactions. **Molecules**, v. 25, n. 9, p. 2059-2083, 2020.

FERRAZ, H.M.C.; PEREIRA, F.L.C. Synthesis of enaminoes. **Quím Nova**, v. 27, n. 1, p. 89-95, 2004.

GENTIL, V. **Corrosão**. 6ª ed, LTC Editora, 2014.

GERDAU. **Manual de especificações Técnicas**. Disponível em: <<http://www.comercialgerdau.com.br>>. Acessado em: 20/04/2021.

GOVINDASAMY, R.; AYAPPAN, S. Study of corrosion inhibition properties of novel semicarbazonas on mild steel in acidic solutions. **J Chilean Chem Soc**, v. 60, n. 1, p.2786-2798, 2015.

GUTIÉRREZ, E.; RODRÍGUEZ, J.A.; CRUZ-BORBOLLA, J.; ALVARADORODRÍGUEZ, J.G.; THANGARASU, P. Development of a predictive model for corrosion inhibition of carbon steel by imidazole and benzimidazole derivatives. **Corros Sci**, v.108, p. 23–35, 2016.

HAIT, D.; HEAD-GORDON, M. how accurate is density functional theory at predicting dipole moments? An assessment using a new database of 200 benchmark values. **J Chem Theory Comp**, v. 14, n. 4, p. 1969–1981, 2018.

HARIHARAN, P.C.; POPLE, J.A. The influence of polarization functions on molecular orbital hydrogenation energies. **Theor Chim Acta**, v. 28, n. 3, p. 213–222, 1973.

HOHENBERG, P.; KOHN, W. Inhomogeneous electron gas. **Phys Rev**, v. 136, n. 3B, p. B864–B871, 1964.

ISSA, R.M.; AWAD, M.K.; ATLAM, F.M. Quantum chemical studies on the inhibition of corrosion of copper surface by substituted uracils. **Appl Surf Sci**, v. 255, n. 5 part 1, p. 2433–2441, 2008.

JOUYBAN, A.; SOLTANPOUR, S.; CHAN, H.K.. A simple relationship between dielectric constant of mixed solvents with solvent composition and temperature. **Int J Pharm**, v. 269, n. 2, p. 353–360, 2004.

KHALIL, N. Quantum chemical approach of corrosion inhibition. **Electrochim Acta**, v. 48, n. 18, p. 2635–2640, 2003.

KOHN, W.; SHAM, L. J. Self-consistent equations including exchange and correlation effects. **Phys Rev**, v. 140, n. 4A, p. A1133–A1138, 1965.

LIENGEN, T.; FÉRON, D.; BASSÉGUY, R.; BEECH, I. B. **Understanding biocorrosion – Fundamentals and applications. European federation of corrosion.** Publication number 66. Published for the European federation of corrosion by Woodhead publishing limited. Cambridge, CB223HJ, UK 225 Wyman Street, Waltham, MA 02451, USA.

NEESE, F. Software update: the ORCA program system, version 4.0. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science**, v. 8, n. 1, p. e1327, 2018.

NUNES, L.P. **Fundamentos de Resistência à Corrosão.** Interciência Editora, 2007.

OBOT, I.B.; MACDONALD, D.D.; GASEM, Z.M. Density functional theory (DFT) as a powerful tool for designing new organic corrosion inhibitors. Part 1: An overview. **Corros Sci**, v. 99, p. 1–30, 2015.

ORIQUES, D.A. **Síntese, reatividade e atividade antimicrobiana de β -enamino ésteres α -clorados utilizando K-10 e irradiação de micro-ondas.** (Dissertação) Mestrado em Química Orgânica - Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2005.

POMINI, A.M. **A química na produção de petróleo.** Interciência LTDA Editora, 2013.

PRAKASHAM, A.P.; GANGWAR, M.K.; GHOSH, P. β -Enaminone synthesis from 1,3-dicarbonyl compounds and aliphatic and aromatic amines catalyzed by iron complexes of fused bicyclic imidazo[1,5-a]pyridine derived n-heterocyclic carbenes. **Eur J Inorg Chem**, v. 17, n. 2, p. 295 – 313, 2019.

TANG, Y.-M.; CHEN, Y.; YANG, W.-Z.; LIU, Y.; YING, X.-S.; WANG, J.-T. Electrochemical and theoretical studies of thienyl-substituted amino triazoles on corrosion inhibition of copper in 0.5 M H₂SO₄. **J Appl Electrochem**, v. 38, n. 11, p. 1553–1559, 2008.

TRUONG, T.N.; STEFANOVICH, E.V. A new method for incorporating solvent effect into the classical, ab initio molecular orbital and density functional theory frameworks for arbitrary shape cavity. **Chem Phys Lett**, v. 240, n. 4, p. 253–260, 1995.

ZHAO, Y.; TRUHLAR, D.G. The M06 suite of density functionals for main group thermochemistry, thermochemical kinetics, noncovalent interactions, excited states, and transition elements: Two new functionals and systematic testing of four M06-class functionals and 12 other function. **Theor Chem Acc**, v. 120, n. 1–3, p. 215–241, 2008.

FORMULAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO, INTENÇÃO DE COMPRA DE MEL ENRIQUECIDO COM PRÓPOLIS VERDE E ESSÊNCIA DE CHOCOLATE

Luciene Xavier de Mesquita-Carvalho¹, Madson Douglas de Freitas¹, Jennifer de Oliveira Lemos¹, Maria Vitória Nunes Fernandes¹, Leonardo Emmanuel Fernandes de Carvalho¹ e Antônio Abreu da Silveira Neto¹

1. Curso Técnico em Apicultura. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) – *Campus* Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil.

RESUMO

O mel composto é uma mescla de mel e extratos ou tinturas vegetais, podendo também ser utilizado outros produtos derivados das abelhas como: geleia real, pólen e extrato de própolis. Objetivou-se elaborar e verificar a aceitabilidade sensorial de méis compostos com própolis verde e enriquecidos com essência de chocolate, e submetê-los a caracterização físico-química de acordo com os parâmetros exigidos pela legislação de qualidade de méis de abelhas. Quanto ao índice de aceitação todas as amostras ficaram com notas entre em torno de oito que significa “gostei muito”, em relação a intenção de compra, as médias atribuídas pelos avaliadores, sugerem de escala 1(um) significa “compraria com certeza” e 2(dois) “Provavelmente compraria. As amostras obtiveram índices de aceitabilidade acima de 70%. As formulações foram analisadas físico-quimicamente de acordo com os parâmetros: cor, pH, acidez, umidade, açúcares redutores e não redutores. No que se refere aos parâmetros de cor, pH, umidade e açúcares não redutor os resultados encontram-se dentro dos valores permitidos, já nas análises de acidez e açúcar não redutor, não apresentou resultados satisfatórios comparado com a normativa do mel. Por possuir bons resultados na maioria das análises sensorial e físico-química, o produto apresenta potencial para comercialização.

Palavras-chave: Mel composto, Análise sensorial e Físico-quimicamente

ABSTRACT

Compound honey is a mixture of honey and plant extracts or tinctures, and other products derived from bees can also be used, such as: royal jelly, pollen and propolis extract. The objective was to elaborate and verify the sensorial acceptability of honeys composed with green propolis and enriched with chocolate essence, and to subject them to physical-chemical characterization according to the parameters required by the legislation of quality of honeys. As for the acceptance index, all samples had scores between around eight, which means “I liked it very much”, in relation to the purchase intention, the averages attributed by the

evaluators, suggest a scale of 1 (one) means “I would buy with certainty” and 2 (two) “I would probably buy it. The samples obtained acceptance rates above 70%. The formulations were analyzed physically-chemically according to the parameters: color, pH, acidity, humidity, reducing and non-reducing sugars. Regarding the parameters of color, pH, humidity and non-reducing sugars, the results are within the permitted values, however, in the analysis of acidity and non-reducing sugar, it did not present satisfactory results compared to the norms of honey. Because it has good results in most sensory and physical-chemical analyzes, the product has potential for commercialization.

Keywords: Compound honey, Sensory analysis and Physically-chemically analysis

1. INTRODUÇÃO

A criação racional de abelhas tem se mostrado como uma prática zootécnica de vantagens sociais, econômicas e ecológicas. Em muitas partes do globo é possível o aumento dos empregos graças à exploração da apicultura. A produção e venda de produtos apícolas como o mel, própolis, geleia real, pólen, cera e apitoxina acrescentam na renda de produtores e ajudam ao meio ambiente, tendo em vista que a apicultura é uma atividade ecologicamente correta (ANDRADE, 2017).

Dentre os produtos das abelhas, destaca-se o mel, que é tido como um alimento com viscosidade, odor característico e sabor adocicado, coletado por abelhas melíferas do néctar e/ou substâncias açucaradas de várias partes da planta, mas com maior frequência tendo como maior fonte dos substratos as flores, onde esses insetos levarão a colônia e irão adicionar enzimas que auxiliaram no processo transformação, amadurecimento e armazenamento nos favos, onde este será guardados para sua nutrição dos indivíduos da colônia (BRASIL, 2000). O uso do mel na nutrição humana não deveria ser utilizado e visto apenas por sua característica adoçante (como excelente substituto do açúcar), mas principalmente como um alimento de alta qualidade, rico em energia e incontáveis outras substâncias benéficas ao equilíbrio dos processos biológicos de nosso corpo (PEREIRA et al., 2003).

Já a própolis é um produto apícola também bastante utilizado pelas diferentes nações e desde períodos históricos remotos. Um exemplo disso foi o uso pelos povos Egípcios para o embalsamento dos corpos, pois os mesmos tinham conhecimento das propriedades da própolis de evitar a proliferação de microrganismos. Outro aspecto importante de compreender, é que a própolis é um produto apícola composto de por pequenas porções de cera, pólen, resinas e óleos vegetais oriundos dos ramos jovens das plantas e compostos

voláteis. As propriedades terapêuticas da própolis são relatadas por Aristóteles, Dioscórides, Plínio e Galeno, como também a utilização dos extratos de própolis na medicina popular data de 300 A.C. (CAPASSO; CASTALDO, 2002; VARGAS et al., 2004; SILVA et al., 2006). No século atual, o Japão é o maior consumidor de própolis, dando ênfase ao consumo da própolis verde brasileira (SALATINO et al., 2005). Alguns tipos de própolis verde, são originadas da *Baccharis dracunculifolia* ou alecrim do campo e no Nordeste tem sido produzida também pela jurema preta (*Mimosa Tenuiflora*). Seu uso ocorre devido às suas propriedades como anti-séptico, cicatrizante, anti-inflamatório e antiviral. É observado que estas plantas são encontradas em várias regiões do Brasil e possuem um teor relativamente alto de flavonoides, constituintes considerados comumente como responsáveis pelas propriedades terapêuticas da própolis (BANKOVA et al., 1999; PEREIRA et al., 1999; BASTOS; OLIVEIRA, SOARES, 2000; PARK et al., 2002; FERREIRA, 2019). A própolis possui sabor adstringente, tendendo para o amargo, sabor estes que não é desejado em muitos produtos e a indústria têm sugeridos alguns métodos para disfarçar esse sabor, como cromatografia de interação hidrofóbica e o microencapsulamento de hidrolisados de caseína em lipoesferas, mas são métodos caros e faz o uso de tecnologia refinada (BARBOSA et al., 2002). Já adição de aromatizantes e saborizantes é um método mais simples, barato e acessível, sendo a essência de chocolate uma possibilidade para melhorar o sabor de um composto de mel de abelhas com própolis (LACHNO et al., 2019).

Sendo de alto potencial para industrialização e potencial de mercado, o chocolate torna-se uma ótima alternativa como promovedor sensorial de outros alimentos, pois é usado, para fabricação de sorvetes, bolos, biscoitos, bombons e bebidas (SMITH; MENANDRO, 2015). A legislação brasileira define o chocolate como o produto da junção de vários subprodutos oriundos do cacau (*Theobroma cacao* L.), massa (ou pasta ou liquor) de cacau, cacau em pó e ou manteiga de cacau, com outros ingredientes, contendo, no mínimo, 25 % (g/100 g) de sólidos totais de cacau. O produto pode apresentar recheio, cobertura, formato e consistência variados (ANVISA, 2005). A maioria dos alimentos são reconhecidos por algumas comunidades no mundo, mas o chocolate é um alimento consumido e desejado em todo o planeta (SMITH; MENANDRO, 2015).

O mel composto é uma mescla de mel e extratos ou tinturas vegetais, podendo também ser utilizado outros produtos derivados das abelhas, como é o caso da geleia real, o pólen e o extrato de própolis. A adição desses produtos ao mel é um modo de valorizar o produto, atraindo mais clientes que estejam interessados em produtos e alimentos naturais, com ação terapêutica e benéfica à saúde (COSTA, 2007). O mel composto é facilmente

encontrado no comércio de varejo, tendo maior disponibilidade aquele que possui a adição da própolis. Quando a própolis é adicionada ao mel, o produto formado é modificado principalmente pelos componentes típicos da própolis (BERA; ALMEIDA-MURADIAN, 2005).

Existe muita carência em informações nutricionais e trabalhos acadêmicos no que se refere aos méis compostos ou enriquecidos, desde suas características de formulação, até aspectos físico-químicos (MERABET, 2011). Neste sentido, se faz necessário formular e caracterizar o produto, baseando-se nos parâmetros exigidos pela legislação para mel que é instrução normativa número 11 de outubro de 2000 Brasil (2000), onde a produção de méis misturados a outros ingredientes pode ser uma alternativa viável para uma melhor pesquisa destes produtos, como também promover o avanço do setor apícola, pois estes novos produtos podem se tornar mais uma opção de exploração da cadeia apícola. Desta forma, o presente trabalho, portanto, possuiu como principal objetivo desenvolver e caracterizar o mel (de abelhas (*Apis mellifera* L.) enriquecidos com essência de chocolate e própolis verde. Para tanto, o produto desenvolvido foi analisado sensorialmente, físico-quimicamente e analisando também quanto a sua intenção de compra.

2. MATERIAIS E MÉTODO

O respectivo trabalho foi dividido em quatro etapas: produção dos méis compostos, realização da análise sensorial, intenção de compra, execução da análise físico-química. Vale ressaltar que todas as análises foram conduzidas em laboratórios do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Pau dos Ferros (IFRN-PF) e que todos os produtos utilizados para a confecção das amostras foram obtidos no mercado varejista de Pau dos Ferros – RN.

2.1 PRODUÇÃO DOS MÉIS COMPOSTOS

Todo o processo de elaboração dos méis aconteceu no Laboratório de Processamento de Pólen e Própolis do (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte) IFRN-PF, (Campus Pau dos Ferros). Realizou-se a elaboração das três amostras de méis compostos que se diferenciavam entre si pela presença ou não dos compostos de essência de chocolate e extrato de própolis verde. As amostras foram

distribuídas do seguinte modo: amostra A, havia a presença do mel de abelha *Apis mellifera*, extrato de própolis verde e essência de chocolate; amostra B, mel de abelha *Apis mellifera* e essência de chocolate; por fim, a amostra C, formulada com o mel de abelha *Apis mellifera* e extrato de própolis verde. Os méis foram elaborados de acordo com as formulações descritas na tabela 1.

Tabela 1. Ingredientes e quantidades utilizadas na formulação dos méis compostos de extrato de própolis verde e essência de chocolate, analisados sensorialmente no IFRN-PF (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Campus Pau dos Ferros).

Ingredientes	Amostra A	Amostra B	Amostra C
Mel de abelhas <i>Apis mellifera</i>	300 g	300 g	300 g
Extrato de Própolis verde	3 ml	-----	3 ml
Essência de chocolate	3 ml	3 ml	-----

Os ingredientes como extrato de própolis e essência de chocolate, foram medidos em uma proveta de 25ml, foram pesados em uma balança semi-analítica, dependendo da amostra misturavam-se todos os ingredientes em uma batedeira, na rotação leve por cinco minutos, para ocorrer toda a homogeneização. Logo após foram conservados em vidros limpos que possuíam uma tampa rosqueada, como podemos observar na figura 1.



Figura 26. Méis compostos em recipiente de vidro.

2.2 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial ocorreu no Laboratório de Processamento de Pólen e Própolis do IFRN, *Campus Pau dos Ferros*. Na avaliação das amostras utilizou-se os métodos afetivos que tem como objetivo construir respostas subjetivas de quanto o avaliador gostou ou desgostou de uma amostra específica, resultando em determinar a aceitabilidade ou preferência referente ao produto (DUTCOSKY, 2013). Elas foram analisadas por 50 avaliadores voluntários não treinados, de ambos os sexos, sendo eles discentes e servidores do IFRN, *Campus Pau dos Ferros*. Para cada provador, foi servido em bandejas de isopor descartáveis três amostras de méis compostos que foram codificadas com um número de três dígitos aleatórios, além de um copo de água em temperatura ambiente e duas bolachas água e sal. Os avaliadores foram orientados a utilizarem as bolachas e a água entre as amostras para ocorrer a limpeza do palato.

Para a avaliação dos atributos sensoriais das amostras: cor, aroma, textura, sabor, doçura e impressão global, foi conferido a cada provador uma ficha com escala hedônica que varia de 1 (“Desgostei extremamente”) a 9 (“Gostei extremamente”). Logo após a avaliação, os julgadores avaliaram a intenção de compra dos produtos, onde utilizaram uma escala que varia de 1 (“compraria com certeza”) a 5 (“não compraria com certeza”) (Figura 2) (DUTCOSKY, 2013).

**QUESTIONÁRIO USADO PARA A ANÁLISE SENSORIAL MÉIS ENRIQUECIDOS
COM PRÓPOLIS VERDE E ESSÊNCIA DE CHOCOLATE.**

Nome: _____ Idade: _____ Sexo: F() M()
 Data: ____/____/____ Curso: _____

1- Avaliar os seguintes aspectos sensoriais

1. Desgostei extremamente	N:	N:	N:
2. Desgostei moderadamente			
3. Desgostei regularmente			
4. Desgostei ligeiramente			
5. Indiferente (nem gostei/nem desgostei)			
6. Gostei ligeiramente			
7. Gostei regularmente			
8. Gostei muito			
9. Gostei extremamente ou muitíssimo			

2- Avalie as amostras em relação a intenção de compra

1. Compraria com certeza	N:	N:	N:
2. Provavelmente compraria			
3. Indiferente (talvez comprasse/talvez não comprasse)			
4. Provavelmente não compraria			
5. Não compraria com certeza			

Figura 2. Questionário aplicado aos avaliadores para a análise sensorial realizado no Laboratório.

Calculou-se ainda o Índice de Aceitabilidade (IA) das formulações, utilizando a seguinte fórmula (TEIXEIRA et al., 1987) (1):

$$IA (\%) = A \times 100 / B \quad (1)$$

Em que: A = nota média obtida para o produto; B = nota máxima dada ao produto.

2.3 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

Todas as amostras foram submetidas às análises físico-químicas, que foram realizadas no Laboratório de Análise Físico-química de Produtos Apícolas e Geleia Real do IFRN-PF (Campus Pau dos Ferros). As análises foram executadas em triplicatas para uma melhor comprovação dos resultados, além de estarem em conformidade com as metodologias de Zenebon et al. (2008), salientando que as formulações analisadas eram escolhidas aleatoriamente. Os parâmetros analisados foram: pH, Acidez, Açúcares redutores e Sacarose, Cor e Umidade.

2.2.1. pH

Colocou-se em uma balança semi-analítica, previamente calibrada um béquer de 100 ml e tarou-se para poder fazer a inserção de 10g da amostra. Adicionou-se 80 ml de água destilada, e para diluição da amostra, posteriormente levada até o pHmetro de modelo HI 221®, previamente calibrado. O eletrodo do mesmo foi introduzido no béquer e no visor do aparelho pôde-se observar a medição do pH da amostra.

2.2.2. Análise de acidez

Na análise de acidez, titulou-se uma solução de NaOH a 0,1 normal padronizada, com fenolftaleína e água destilada, para isso utilizou-se, bureta, suporte universal, proveta de 100 ml, bastão de vidro, agitador magnético e as formulações dos méis compostos. Após o processo de titulação ocorreu o seguinte cálculo (2):

$$\text{Acidez Livre} = m \times Fc \times Vt \quad (2)$$

Em que: m = Massa de mel; Fc= Fator de correção da solução de NaOH 0,1 N; Vt= Volume total gasto na titulação.

2.2.3. Açúcares redutores e açúcar não redutor

O processo iniciou-se com a pesagem em uma balança semi-analítica de aproximadamente 2 g da amostra em um béquer de 100 ml. Posteriormente, foi transferido para um balão volumétrico de 100 ml, que foi completado com água destilada até o menisco, passando posteriormente pelo processo de filtração. A solução filtrada, foi posta em um Erlenmeyer de 250 ml e logo em seguida adicionou-se 10 ml das soluções de Fehling “A” e “B” (soluções padronizadas), medidos com o apoio de uma proveta graduada de 100 ml. Logo após foi adicionado cerca de 40 ml de água destilada no Erlenmeyer. O Erlenmeyer foi colocado sobre a manta aquecedora, para que ocorresse a ebulição do líquido que estava presente em seu interior, deu-se andamento ao processo quando adicionou-se 1 ml de azul de metileno, para que posteriormente acontecesse a titulação em gotejamento com hidróxido de sódio, até que assim atingisse uma coloração avermelhada. Para a análise desses dados foi utilizada a seguinte fórmula (3):

$$\text{Glicídios redutores em glicose (\%)} = \frac{100 \times v_b \times f}{m \times v} \quad (3)$$

onde:

Onde:

v_b = volume do balão volumétrico utilizado (mL).

f = fator da solução de Fehling.

M = Quantidade de amostra inicial utilizada para a análise.

V = Volume gasto na titulação (mL).

Para que ocorresse a análise de sacarose, o mesmo conteúdo já filtrado foi utilizado, gotejou-se três gotas de ácido clorídrico PA, colocando em banho maria a 80°C por 30 minutos. Após isso, foi neutralizado com a solução de hidróxido de sódio a 40%, ocorreu a verificação da neutralização, fazendo-se uso do papel tornassol.

Em um Erlenmeyer de 250 ml ocorreu a introdução de 10 ml do Fehling “A” e “B”, juntamente com 40 ml de água reagente, aqueceu-se a solução em chapa aquecedora, foi adicionado 1 ml de azul de metileno para que ocorresse posteriormente a titulação da solução já neutralizada, até que atingisse uma coloração avermelhada, do mesmo modo que a análise anterior. Em seguida, ocorreu a realização dos cálculos de acordo com a seguinte forma (4):

$$\text{Glicídios não redutores em glicose (sacarose) (\%)} = \frac{100 \times vb \times 2 \times f}{m \times v} \quad (4)$$

Onde:

vb = volume do balão volumétrico utilizado (mL).

f = fator da solução de Fehling.

M = Quantidade de amostra inicial utilizada para a análise.

V = Volume gasto na titulação (mL).

2.2.4. Análise de cor

A calibração do espectrofotômetro se deu a partir da utilização do glicerol e a classificação da cor do mel foi realizada com o aparelho de modelo – HI96785, marca HANNA®. Após ocorrer a calibração, rapidamente retirou-se a cubeta do aparelho e a amostra do mel foi colocada em seu interior. Prontamente, pôde-se observar o resultado, em escala de mm Pfund, no visor do espectrofotômetro.

2.2.5. Análise de umidade

O processo se iniciou com o refratômetro calibrado (modelo – Pal 22S da Atago®), utilizando água destilada no aparelho, em seguida fez-se a secagem da água presente no aparelho, para posteriormente introduzir uma alíquota da amostra suficiente para preencher o leitor infravermelho. Desta forma, ocorre a leitura da umidade do mel pelo equipamento, aparecendo em seu visor a taxa percentual de umidade presente.

2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados sensoriais e físico-químicos das amostras foram analisados por meio de análise de variância (ANOVA), em que foi analisado a significância pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e *a posteriori* as médias foram comparadas entre si por meio do programa BioStat® 5.3.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE SENSORIAL

Ao avaliar a tabela 2, na qual as notas foram atribuídas de acordo com os parâmetros de aceitação na escala hedônica, variando de “Gostei regularmente” com valores médio igual a sete e “Gostei moderadamente” com médias aproximados de oito, verifica-se que os méis compostos avaliados sensorialmente (amostras A B e C) apresentam-se estatisticamente iguais para os atributos avaliados, não possuindo diferença significativa ($p>0,05$). Isto significa que a amostra elaborada não se mostrou diferente em termos de aceitação do que os meus compostos convencionais.

Tabela 2. Resultados obtidos na análise sensorial para cada formulação, com suas médias e desvio padrão para as três amostras formuladas com mel de abelhas, própolis e chocolate.

Análises	Amostra A	Amostra B	Amostra C
Cor	7,71 ± 1,43	7,66 ± 1,36	7,74 ± 1,38
Aroma	7,73 ± 1,50	7,32 ± 1,87	7,36 ± 1,70
Sabor	8,08 ± 1,17	7,90 ± 1,23	7,70 ± 1,27
Textura	7,76 ± 1,35	7,82 ± 1,47	7,76 ± 1,32
Doçura	8,08 ± 1,19	7,78 ± 1,42	7,44 ± 1,80
Impressão Global	8,04 ± 1,22	7,90 ± 0,95	7,86 ± 1,34

Legenda: amostra A= mel, extrato de própolis e chocolate; amostra B, mel e chocolate e a amostra C= mel e extrato de própolis.

Entre os méis compostos elaborados a cor não foi influenciada pela presença da essência de chocolate, (mesmo esta possuindo um pouco de coloração marrom), obtendo notas acima de 7 (gostei regularmente), ou seja, sendo bem aceitas. Esta informação é de grande relevância pois a cor, é o primeiro atributo de decisão de compra, ou seja, muitos alimentos são aceitos ou rejeitado pela cor que apresenta (DIAS et al., 2012).

Nas avaliações de aroma e sabor, todas as formulações apresentaram médias entre 7 e 8, que significa gostei regularmente ou moderadamente. Quanto ao critério de aroma, todos terem se apresentado sem diferença estatística ($p>0,05$), é sugestivo que o aroma balsâmico forte que a própolis possui, não mascarou ou foi diminuído pela essência de chocolate (BRASIL, 2003). Outra explicação para que as avaliações médias de aroma e sabor tenham sido iguais foi a de que os avaliadores não são treinados para avaliação

sensorial de méis, pois a literatura indica que provadores bem treinados podem identificar méis de diferentes floradas por seus aromas e sabores diferenciados, com capacidade para determinar se estes são agradáveis ou desagradáveis (BASTOS et al., 2002).

A textura foi outro parâmetro importante, apresentou notas acima de 7 (gostei regularmente), o que era esperado, pois não era desejado que o produto perdesse sua viscosidade ou gomosidade devido a adição do extrato ou essência. A literatura técnica explica que ao avaliar a textura, percebem-se propriedades mecânicas primárias como viscosidade e secundárias como mastigabilidade e gomosidade, quando essas sensações bucais não sofrem brusca variação o avaliador entende que neste aspecto os produtos não são diferentes (MINIM; SILVA, 2016).

No que diz respeito a doçura e textura, os parâmetros foram avaliados na escala de “Gostei regularmente. A composição do mel é rica em açúcares redutores e não redutor, estes carboidratos são importantes, porque determinam a doçura e a textura do mesmo (LA FUENTE et al., 2011).

O quesito de “impressão global”, também foi avaliado com médias superiores a sete, nas três formulações. Avaliar a impressão global significa que o provador está indicando a preferência da amostra em relação a intensidade dos atributos sensoriais avaliados (ZHOU, 2019). Os variados atributos que constituem a qualidade sensorial de um produto estão ligados ao cérebro na forma de “impressão global da qualidade”, ainda que sejam identificados separadamente pelos sentidos (MINIM, 2018).

Em referência ao quesito intenção de compra, as médias obtidas denotam que as amostras seriam compradas pelos avaliadores, visto que, para escala 1 significa “compraria com certeza” e 2 “Provavelmente compraria” (Tabela 3) (DUTCOSKY, 2013). No que se refere às respostas de intenção de compra dos candidatos avaliados, as médias das Amostras B e C ficaram com médias 2,02 e 2,14 respectivamente sugerindo que “provavelmente compraria” e a amostra A ficou com média 1,84 que significa que “compraria com certeza”.

Tabela 3. Intenção de compra atribuída pelos provadores das amostras A, B e C dos méis compostos com extrato alcóolico de própolis verde e essência de chocolate.

Análises	Amostra A	Amostra B	Amostra C
Intenção de compra	1,84 + 1,13 ^a	2,02 ± 1,08 ^b	2,14 ± 1,16 ^b

As médias com letras diferentes são significativamente diferentes, no nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Fato este desejado, pois mostra que adição da essência de chocolate foi um fator que agregou valor ao produto, fazendo com que o avaliador decidisse por sua compra. Aqui o avaliador manifesta sua vontade de comprar ou consumir a amostra A que é composta com mel, extrato de própolis e essência de chocolate. É por meio da avaliação da intenção de compra, que os inventores de produtos conseguem coletar dados e correlacionar essas informações gerando estratégia para deliberar uma possível demanda (REINERI, 2013).

Um produto com Índice de Aceitabilidade (I.A.) com no mínimo 70% possui potencial comercial (TEXEIRA et al., 1987). De acordo com este preceito, pode-se constatar que os atributos de qualidade sensorial avaliados obtiveram I.A. satisfatórios aos parâmetros estabelecidos, tendo condições de ser colocado no mercado. As amostras A, B e C obtiveram respectivamente 88,04%, 85,88% e 84,93% (Figura 3), com destaque para a amostra A e seu alto índice de aceitabilidade, demonstrando que a adição da essência de chocolate, provavelmente tornou a amostra sensorialmente mais agradável para os avaliadores.

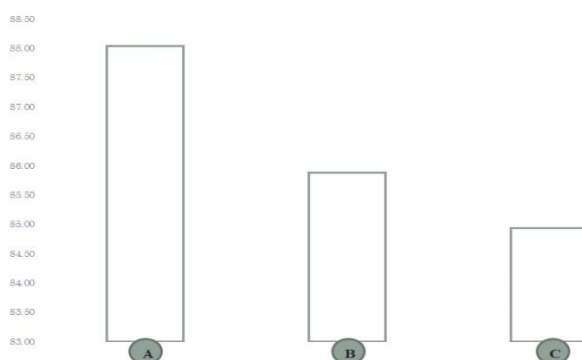


Figura 3. Índice de aceitabilidade (I.A.) das três amostras de méis compostos.

3.2 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

Os resultados obtidos na avaliação físico-química dos méis compostos estão expressos na tabela 4. Apenas o critério de pH não obteve diferença estatística ($p > 0,05$).

O teor de umidade das amostras apresenta-se dentro do valor permitido pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel, que exige que o mel possua no máximo 20% (BRASIL, 2000). O teor de umidade é muito importante para definir a qualidade do mel, pois influencia em diversas características das amostras, como viscosidade, peso, conservação, sabor, palatabilidade e cristalização (VENTURINI; SARCINELLI; SILVA, 2020).

Tabela 4. Resultados obtidos das análises físico-químicas para cada amostra com suas respectivas médias e desvio padrão e comparadas com Legislação Brasileira de Identidade e Qualidade para Mel de abelhas.

Parâmetros	Amostra A	Amostra B	Amostra C	BRASIL (2000)
Umidade (%)	17,73 ± 0,11ab	18,36 ± 0,05b	18,63 ± 0,15 ^a	Max. 20%
Cor (PFund)	51 ± 1,73a	59,33 ± 0,57b	71 ± 0,15c	Quase incolor – pardo-escuro xxx
pH	3,46 ± 0,05a	3,3 ± 0,6 ^a	3,71 ± 0,21 ^a	
Acidez (m.E.q/kg)	71,66 ± 3,51a	68 ± 11,53a	36,72 ± 0,71b	Max. 50 meq/kg
Açúcar redutor (%)	63,66 ± 2,3b	62,33 ± 0,57b	79,92 ± 0,06 ^a	Min. 65%
Açúcar não redutor (%)	3,33 ± 0,57b	2,33 ± 0,57b	5,9 ± 0,43 ^a	Max. 6%

Médias dentro da mesma linha com letras iguais, não são significativamente diferentes no nível de 5%, pelo teste de Tukey.

Os valores encontrados para cor na escala de Pfund com a coloração âmbar-claro, que é de 50 a 85 mm Pfund. Para o mercado consumidor méis mais claros conseguem preços mais elevados do que os escuros (LACERDA et al., 2010). Neste caso pode-se deduzir, que a adição da essência de chocolate, atuou melhorando a coloração do mel, pois a amostra A (51) e B (59) que possuem a essência de chocolate são mais claras que a amostra C (71) que possui apenas mel e extrato de própolis.

A análise de pH não é tida como análise obrigatória no controle de qualidade dos méis brasileiros, do ponto de vista da legislação. Porém, mostra-se útil na avaliação da qualidade do mel. Os valores obtidos no presente estudo indicam que todas as amostras estão dentro dos limites apontados por Moreti et al. (2009), que recomenda valores de pH para mel entre 3,40 e 5,60. Outro aspecto importante é que esse valor de pH não é propício para o desenvolvimento de bactérias, uma vez que estas crescem melhor em pH em torno de 7 (a melhor faixa pH está em torno de 7 que é ideal para o seu crescimento) (KARABAGIAS et al., 2014).

Para os parâmetros de acidez, apenas amostra C (que continha apenas mel e extrato de própolis verde), apresentou valor de acordo com exigido pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel (no máximo, 50 meq/kg) (BRASIL, 2000). As amostras que continham essência de chocolate apresentaram um teor de acidez mais elevado. A acidez influencia muito na aceitação de um alimento, ressaltando a textura, o sabor e a doçura dos alimentos (OLIVEIRA et al., 2019).

Quanto aos açúcares redutores apenas amostra C, que continham 79,92% está dentro do que é determinado pela legislação brasileira de identidade e qualidade de mel de abelhas (BRASIL, 2000). As amostras A ficou com 63,66% e amostra B com 62,33%, respectivamente, continham em suas formulações essência de chocolate, o único ingrediente diferente da amostra C, fato este que é de difícil explicação, já que a composição da essência de chocolate é de água, álcool neutro, corante natural caramelo e substâncias aromáticas, não tendo a presença de outros açúcares que modificassem os açúcares redutores. Mesmo o mel sendo um alimento rico em açúcares ele pode sofrer alterações devido a adição de “ingredientes de baixo valor comercial” um exemplo disso são as essências (BERA; ALMEIDA-MURADIAN, 2005).

Já com relação aos açúcares não redutores ou sacarose, apresentou em todas as amostras parâmetros dentro do que já é determinado pela legislação brasileira que é de no máximo 6% (BRASIL, 2000). A amostra A (3,33%), Amostra B (2,33%) e já Amostra C (5,9%). No entanto Sodré et al., (2003) descreve que o valor de açúcar não redutor no mel deverá estar entre 2 e 3 %, por que quando este valor estiver acima significa uma colheita jovem, ou seja, ação da invertase ainda não agiu em sua totalidade no processo de transformação da sacarose em açúcares redutores, o que pode ter ocorrido com os méis testados no presente estudo.

Não se têm análises que determinem a qualidade e a identidade de méis compostos, nem mesmo legislação específica para este produto, o que se faz é adaptar as análises utilizadas para avaliação do mel de abelhas puro com a prerrogativa de identificar traços de adulteração ou adição de ingredientes com baixa qualidade na mistura (BERA, 2004).

4. CONCLUSÃO

As análises sensoriais apresentaram resultados que não diferiram significativamente entre si, demonstrando que não houve diferença na aceitação sensorial das amostras com essência de chocolate, em relação aos produtos convencionais de mercado.

O índice de aceitabilidade se mostrou satisfatório em todas as amostras, principalmente na enriquecida com essência de chocolate e própolis, havendo assim uma sugestão de potencial de mercado para o produto.

Em relação às análises físico-químicas, apenas o quesito pH não foi significativo, no entanto não existe valores normativos dentro da legislação brasileira para este parâmetro. Os critérios de umidade, cor e açúcar não redutor foram avaliados dentro da normativa técnica identidade e qualidade do mel, ficando apenas o critério de acidez e açúcares redutores fora do padrão para as amostras A e B.

Conclui-se então, da importância da criação de uma legislação apropriada para méis compostos, uma vez que quando adicionado substâncias ao mel suas características são modificadas, tornando-se ainda mais necessário que se estabeleça padrões que venham formalizar os parâmetros físico-químicos dos méis compostos ou enriquecidos.

Além disso, os resultados positivos advindos das análises realizadas no presente estudo, tornam-se um incentivo para o crescimento e desenvolvimento do comércio apícola brasileiro, pois passa a não utilizar somente o mel como produto principal, oriundo das abelhas, mas traz inovação para o produto, criando assim uma grande variedade de méis para o mercado e apresentado novas opções de alimentos para a sociedade.

5. REFERÊNCIAS

ANDRADE, J. R. **Dicionário de apicultura**. (Dissertação) Mestrado em Sistemas Agroindustriais - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB, 2017.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 264, 234/09/2005**. Regulamento Técnico para Chocolate e Produtos De Cacau, Brasília, 2005.

BANKOVA, V.; BOUDOUROVA-KRASTEVA, G.; SFORCIN, J. M.; FRETE, X.; KUJUMGIEV, A.; MAIMONI-RODELLA, R.; et al. Phytochemical evidence for the plant origin of Brazilian propolis from São Paulo state. **Zeitschrift fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences**, v. 54, n. 5-6, p. 401-405, 1999.

BARBOSA, C. M. S.; MORAIS, H. A.; LOPES, D. C. F.; MANSUR, H. S.; OLIVEIRA, M. C.; SILVESTRE, M. P.C. Microencapsulamento de hidrolisados de caseína em lipoesferas para mascarar o sabor amargo: avaliação físico-química e sensorial. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 38, n. 3, p. 361-374, 2002.

BASTOS, D. H. M.; FRANCO, M. R. B.; SILVA, M. A. A. P. da; JANZANTTI, N. S.; MARQUES, M. O. M. COMPOSIÇÃO DE VOLÁTEIS E PERFIL DE AROMA E SABOR DE MÉIS DE EUCALIPTO E LARANJA. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 2, n. 22, p. 122-129, ago. 2002.

BASTOS, E.M.A.F; OLIVEIRA, V. D. C.; SOARES, A. E. E.. Microscopic characterization of the green propolis, produced in Minas Gerais State, Brazil. **Honeybee Science Research Center**, v. 21, n. 1, p. 179- 180, 2000.

BERA, Alexandre. **Composição Físico-Química e Nutricional do Mel Adicionado com Própolis**. São Paulo. (Dissertação) Mestrado em Ciências dos Alimentos - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2004.

BERA, A.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B. Mel com própolis: considerações sobre a composição e rotulagem. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 64, n. 1, p.117-121, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa 11, de 20 de outubro de 2000**, Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas. **Decreto/Lei n.º 229/2003, de 27 de setembro de 2003**. Composição, às características de fabrico, ao condicionamento e à rotulagem dos produtos de cacau e de chocolate. Legislação de produtos à base de cacau. Brasília, DF, 2003.

CASTALDO, S.; CAPASSO, F. Propolis, an old remedy used in modern medicine. **Fitoterapia**, v. 73, p. 1-6, 2002.

COSTA, P. S. C. **Processamento de Mel Puro e Composto**. Viçosa - MG: Cpt, 2007.

DIAS, M. T.; BRICIO, S. M. L.; ALMEIDA, D. O.; OLIVEIRA, L. A. T.; FILIPPIS, I.; MARIN, V. A. Molecular characterization and evaluation of antimicrobial susceptibility of enteropathogenic E. coli (EPEC) isolated from minas soft cheese. **Food Science And Technology**, v. 32, n. 4, p. 747-753, 2012.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 4^o ed. Curitiba: Champagnat, 2013.

FERREIRA, J. M. **Própolis e geoprópolis verde do semiárido do brasil: Caracterização química, origem botânica e atividade antioxidante**. (Tese) Doutorado em Ciência Animal - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró-RN, 2019.

KARABAGIAS, I. K.; BADEKA, A.; KONTAKOS, S.; KARABOURNIOTI, S.; KONTOMINAS, M. I. G. Characterization and classification of *Thymus capitatus* (L.) honey according to geographical origin based on volatile compounds, physicochemical parameters and chemometrics. **Food Research International**, v. 55, p. 363-372, 2014.

LACERDA, J. J. J.; SANTOS, J. S.; SANTOS, S. A.; RODRIGUES, G. B.; SANTOS, M. L. P. dos. Influência das características físico-químicas e composição elementar nas cores de méis produzidos por *Apis mellifera* no sudoeste da Bahia utilizando análise multivariada. **Química Nova**, v. 33, n. 5, p. 1022-1026, 2010.

LACHNO, A. S.; DUTRA, R.; SEVERO, J.; OLIVEIRA, M. dos S.; OLIVEIRA, L. R. C.de. Bioaditivos e aditivos naturais em alimentos: corantes, antioxidantes e aromatizantes. **Boletim Técnico-Científico**, v. 5, n. 2, p. 79-93, 2019.

LAFUENTE, E.; RUIZ-MATUTE, A.I.; VALENCIA-BARRERA, R.M.; SANZ, J.; CASTRO, I. Martínez. Carbohydrate composition of Spanish unifloral honeys. **Food Chemistry**, v. 129, n. 4, p. 1483-1489, 2011.

MERABET, L. P. Determinação da atividade de água, teor de umidade e parâmetros microbiológicos em compostos de mel. **Oikos: Família E Sociedade Em Debate**, v. 22, n. 2, p. 213-232, 2011.

MINIM, V. P. R. **Análise Sensorial**: estudos com consumidores. 4ª ed. Viçosa/MG: Editora UFV, 2018.

MINIM, V. P. R.; SILVA, R. C. S. N. **Análise Sensorial Descritiva**. Viçosa/MG: Editora UFV, 2016.

MORETI, A. C. C. C.; SODRÉ, G. S.; MARCHINI, L. C.; OTSUK, I. P. Características físico-químicas de amostras de méis de *Apis mellifera* L. do estado do Ceará, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 191-199, 2009.

OLIVEIRA, K. D. DE C.; SILVA, S.S. E, LOSS R.A.; GUEDES, S. F.. Análise sensorial e físico-química de geleia de achachairu (*Garcinia humilllis* (Vahl) C. D. Adam). **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 26, p. 1-10, 2019.

PARK, Y. K.; et al. Botanical Origin and Chemical Composition of Brazilian Propolis. **Journal Of Agricultural And Food Chemistry**, v. 50, n. 9, p. 2502-2506, 2002.

PEREIRA, A. S.; et al. Study of Propolis by High Temperature High Resolution Gas Chromatography-Mass Spectrometry. **Zeitschrift Für Naturforschung C**, v. 54, n. 5-6, p. 395-400, 1999.

PEREIRA, F. M.; et al. **Produção de mel**. Vol. 3. Teresina – PI: Embrapa Meio-Norte - Sistemas de Produção, 2003.

REINERI, D.; VALENTE, J. S. **Aproveitamento tecnológico do subproduto da fermentação alcoólica de *Hovenia dulcis* na elaboração de biscoitos tipo cookie**. (TCC) Bacharelado em Química Industrial - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

SALATINO, A.; TEIXEIRA, É. W.; NEGRI, G.; MESSAGE, Dr. Origin and Chemical Variation of Brazilian Propolis. **Evidence-Based Complementary And Alternative Medicine**, v. 2, n. 1, p. 33-38, 2005.

SILVA, J. F.O M.; et al. Correlation analysis between phenolic levels of Brazilian propolis extracts and their antimicrobial and antioxidant activities. **Food Chemistry**, v. 99, n. 3, p. 431-435, 2006.

SMITH, M. B. N. C.; MENANDRO, P. R. M.. Aspectos contextuais e pessoais influenciadores do consumo de chocolate. **Psicologia em Pesquisa**, v. 1, n. 9, p. 20-30, 2015.

SODRÉ, G. S.; et al. Análises multivariadas com base nas características físico-químicas de amostras de méis de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) da região litoral norte do Estado da Bahia. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 11, n. 3, p. 129-137, 2003.

TEIXEIRA, E.; et al. **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1987. 180 p.

VARGAS, A. C. de; Atividade antimicrobiana “in vitro” de extrato alcoólico de própolis. **Ciência Rural**, v. 34, n. 1, p. 159-163, 2004.

VENTURINI, K. S.; SARCINELLI, M. F.; SILVA, L. C. **Características do Mel**. Disponível

em: <http://www.agais.com/telomc/b01107_caracteristicas_mel.pdf>. Acesso em: 25/01/2020.

ZENEBON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Cereais, Amiláceos e Extrato de Soja**. In: INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

ZHOU, A. **Análise sensorial**: tudo o que você precisa saber para realizar a análise sensorial dos seus alimentos. Paraná: EJEQ/UFPR, 2019.

SITUAÇÕES COTIDIANAS SOB O OLHAR DA PROBABILIDADE

Liamara Cristina dos Santos¹ e Daniela Trentin Nava¹

1. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Toledo (UTFPR-TD), Licenciatura em Matemática, Toledo, Paraná, Brasil.

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso versa sobre a probabilidade em situações corriqueiras do dia a dia. Foram realizadas pesquisas de natureza bibliográfica com abordagem qualitativa objetivando apresentar a origem, a grande importância e funcionalidade da teoria de probabilidade presente em situações cotidianas, como por exemplo, no jogo da dança das cadeiras, na senha padrão utilizada para bloqueio de tela inicial de celulares e em apostas de loteria, como a Mega-Sena. Também é apresentado um breve relato histórico da origem da teoria de probabilidade e seus principais estudiosos. Para as situações escolhidas, foram realizados cálculos probabilísticos e, a partir dos resultados obtidos, se torna evidente que a teoria das probabilidades, que ganhou grande importância ao longo do tempo por possuir muitas aplicações nas mais diversas áreas científicas, pode ser verificada através de simples situações cotidianas.

Palavras-chave: Teoria das probabilidades, História da probabilidade e Aplicações de probabilidade.

ABSTRACT

This research work deals with Probability in daily situations. We performed bibliographic researches with a qualitative approach which the goal was to present the origin, the importance and functionality of the probability theory as seen in daily situations, as for example, in the musical chair dance game, in the cell phone password used to unlock the initial screen and in lottery betting, like the mega-sena. We also describe a brief history of the origin of the probability theory and its most important researchers. We performed probabilistic calculations to the chosen daily situations, from the results it is evident that the theory of probabilities, which has gained great importance over time because of so many applications in various scientific areas, can be viewed in simple everyday situations.

Keywords: Probability theory, History of probability and Probability applications.

1. INTRODUÇÃO

O estudo das probabilidades começou, de acordo com alguns autores, como um truque para se ganhar em jogos de azar e hoje nos ajuda a tomar decisões dentro e fora das ciências.

A probabilidade passou a ser de grande importância por possuir aplicações em diversas áreas científicas e estar muito presente em situações do nosso cotidiano. Dentro das Diretrizes Curriculares para a Educação Básica (DCE) ela é colocada como conteúdo de tratamento de informação crucial para o desenvolvimento da interpretação crítica sobre fatos ocorridos na sociedade no nosso dia a dia (PARANA, 2008). De fato, há muitas publicações sobre suas aplicações em diversas áreas científicas, mas não se faz necessário complicações para percebê-la e estudá-la a partir de situações do nosso cotidiano, basta pensar nas chances de algo ocorrer e estará pensando na probabilidade envolvida na situação.

Eventos probabilísticos estão presente em situações do cotidiano que podem variar de uma doença terminal, um desastre natural, ou tão simplesmente quanto comprar ovos, o que nos faz questionar a importância dada a probabilidade por pesquisadores, estudiosos e por professores no Ensino Básico. Diz-se isso pois são poucos os estudos sobre sua origem e quando estudada sempre está embasada em outra área científica, enquanto que, quando abordada em sala de aula, o ensino se trata apenas de memorização e aplicação de fórmulas, mesmo sendo possível estudá-la de forma simples e significativa a partir de eventos do dia a dia.

Deste modo, este texto apresenta dados históricos a respeito da origem e importância da teoria das probabilidades, sua presença em algumas situações cotidianas e como trabalhá-las em sala de aula nos anos finais do Ensino Básico buscando desenvolver o raciocínio lógico, o pensamento probabilístico e o interesse pela área.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. A HISTÓRIA DA PROBABILIDADE

A probabilidade é o ramo da matemática que se dedica à modelagem de fenômenos não determinísticos, isto é, aqueles fenômenos em que o acaso representa um papel preponderante, sendo o acaso um conjunto de forças não controladas que exercem um papel crucial na ocorrência de diferentes resultados de um experimento ou fenômeno (VIALI, 2008).

Por exemplo, ao lançar uma moeda, os possíveis resultados são “cara” e “coroa”. Porém, antes de realizar os lançamentos não é possível antecipar qual dos dois resultados

irá ocorrer. Isto acontece porque os fatores que determinam esses resultados não podem ser identificados e controlados (VIALI, 2008). O acaso relaciona-se também com outros exemplos, como a determinação da vida útil de um equipamento eletrônico e as previsões do tempo. Ou seja, é possível observar como o acaso pode estar associado aos jogos de azar, aos fenômenos naturais e aos eventos ocorridos no cotidiano (CALABRIA; CAVALARI, 2013).

A ideia de acaso é quase tão antiga quanto as primeiras civilizações. Inicialmente o ele era percebido como obra divina, ou seja, a percepção de que o acaso é um fenômeno natural veio a ocorrer bem mais tarde. As principais teorias sobre o surgimento de cálculos probabilísticos remetem ao tempo das primeiras civilizações no início da era pré-Cristã, como os Babilônios, os Egípcios, os Gregos e os Romanos, tendo seus primeiros indícios a partir do jogo Tali, ancestral do jogo de dado, usado para apostas, previsões sobre o futuro, na decisão de disputas e na divisão de heranças, e do cálculo de seguros, baseado na probabilidade de ocorrência de acidentes, como perda da carga de navios por naufrágio ou roubo, em certas rotas (HACKING, 2006; VIALI, 2008; CALABRIA; CAVALARI, 2013).

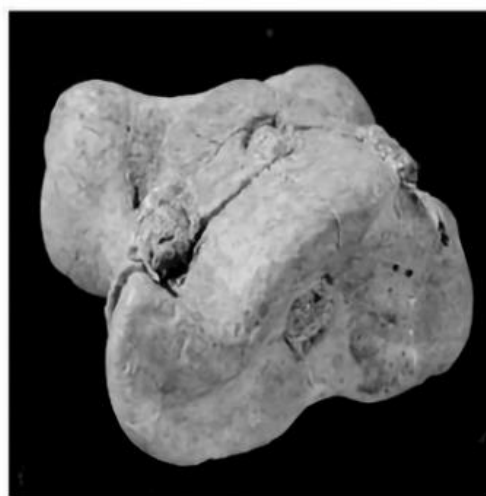


Figura 1. Osso astrálagos usado no Tali.
Fonte: (CALABRIA; CAVALARI, 2013).

Com isto, alguns autores defendem que as tentativas de quantificação dos riscos associados a naufrágios, acidentes, mortes, junto com a quantificação das possibilidades de se ganhar em jogos de azar, foram os fatores pioneiros para o início da Teoria das Probabilidades (VIALI, 2008; CALABRIA; CAVALARI, 2013), porém, uma abordagem matemática do acaso e do risco só teve início efetivamente há aproximadamente 500 anos.

Até este momento, o propósito dos cálculos limitava-se a descrição e ao estudo dos jogos de azar e quase todo o esforço era concentrado no cálculo do valor de certas probabilidades de interesse, não havendo preocupação probabilísticas exata (FELLER, 1976; VIALI, 2008). A prática de jogos de azar ainda não era pensada de maneira a reduzi-las à forma matemática como, por exemplo, calcular os casos favoráveis de um jogo e estimar a regularidade do acontecimento dos eventos.

Há indícios de que os primeiros estudos probabilísticos foram realizados por mentes italianas dos séculos XV e XVI, como frei Luca Pacioli (1445 - 1517), Niccolo Fontana, mais conhecido como Tartaglia (1499 - 1557) e Girolamo Cardano (1501 - 1576). Eles foram além da comparação de frequências de ocorrências e ganhos em jogos de azar, mas não formularam conceitos e teoremas que se baseassem em alguma teoria, limitaram-se apenas a resolver problemas concretos (VIALI, 2008; SILVEIRA, 2019).

Frei Luca Pacioli dedicou-se ao estudo do problema conhecido como o problema dos pontos, ou divisão de apostas, publicando em 1494, na obra intitulada *Summa de arithmetica, geometria, proporciononi e proportionalità* (VIALI, 2008; KATZ, 2009; CALABRIA; CAVALARI, 2013).

Girolamo Cardano publicou em 1663 a obra *Liber de Ludo Alae* (Livro de Jogos de Azar), um manual de jogos "[...] que buscava permitir a tomada de boas decisões nos problemas de jogos de azar encontrados naquela época" (COUTINHO, 2007). Sendo viciado em jogos, ele foi o primeiro a estudar o lançamento de dados. Viali, (2008) considera Cardano como o pioneiro do cálculo de probabilidade, pois foi o primeiro a introduzir técnicas de combinatória no cálculo dos casos possíveis de um evento e também a considerar a probabilidade de um evento como a razão entre o número de casos favoráveis e o número de casos possíveis. Ele também conhecia a ideia de eventos independentes e a regra da multiplicação entre eles. Porém, seus estudos ficaram limitados a casos concretos de jogos de azar, principalmente o de dados.

Depois de Tartaglia e Cardano, não existe registro de outros estudiosos do século XVI, apesar de haver algumas evidências de cálculos probabilísticos realizados por Galileu Galilei (1564 - 1642) relacionados com jogos de dados (DAVID, 1962). Galileu Galilei também publicou um manual sobre jogos, o *Sopra le scoperta dei dadi*, se dedicando ao estudo de um problema semelhante ao de Cardano. Além disso, há evidências de sua relação com a distribuição normal, pois foi um dos primeiros a perceber que os erros de observações astronômicas apresentavam um comportamento típico (VIALI, 2008; TODHUNTER, 1965).

Segundo uma visão francesa, a probabilidade se desenvolveu a partir da troca de correspondências entre Blaise Pascal (1623 - 1662) e Pierre de Fermat (1601 – 1665), onde apresentaram uma solução para um problema que questionava o número mínimo de lançamentos de um par de dados equilibrados para que se tenha um par de seis com probabilidade superior a 50% e outro semelhante ao problema dos pontos citado anteriormente, para qual apresentaram uma relação que generaliza o problema dos pontos. Nele, suponha que um jogo é interrompido quando o primeiro jogador precisa de r jogos para vencer enquanto que o segundo necessita de s jogos, onde $r + s \geq 1$. Então o primeiro jogador deve receber:

$$\sum_{k=0}^{n+1} \binom{n}{k} / 2^n,$$

tal que, $n = r + s - 1$ é o número máximo de jogadas restantes (CALABRIA; CAVALARI, 2013; VIALI, 2008).

Diante disso, a correspondência entre Pascal e Fermat iniciou a teoria das probabilidades, pois estudar esses problemas desencadeou um interesse crescente pelo assunto e estudiosos da época começaram a publicar obras a respeito da probabilidade. Como, por exemplo, o holandês Christiaan Huygens (1629 - 1695), considerado o primeiro cientista a apresentar de forma sistemática os problemas já discutidos por Pascal e Fermat, adotando regras e concedendo a primeira ideia de expectativa matemática em 1657 na obra intitulada *De Ratiociniis in Ludo Aleae* (DAVID, 1962). Também o francês Pierre-Simon Laplace (1749 – 1827) que publicou em 1812 a obra *Théorie Analytique des Probabilités* que discutia os princípios da teoria e principalmente aplicações nos jogos de azar, filosofia natural, ciência morais, testemunho, decisões judiciais e mortalidade. Além da regra de Bayes e o conceito de esperança matemática, o livro apresentava, ainda, métodos de determinar probabilidades de eventos compostos quando as probabilidades dos eventos simples são conhecidas, uma discussão do método dos mínimos quadrados, o problema da agulha de Buffon e a probabilidade inversa (VIALI, 2008).

A partir da obra de Laplace, os estudos na área cresceram ainda mais e tiveram a atenção de grandes matemáticos, como o alemão Johann Carl Friedrich Gauss (1777 - 1855), o suíço Leonhard Euler (1707 - 1783), o russo Andrei Andreyevich Markov (1856 - 1922), e os franceses Siméon Denis Poisson (1781 - 1840), Jules Henri Poincaré (1854 -

1912), Félix Édouard Justin Émile Borel (1871 - 1956), Henri Léon Lebesgue (1875 - 1941), Jean Le Rond d'Alembert (1717 - 1783) (VIALI, 2008; CALABRIA; CAVALARI, 2013).

Assim, a história da teoria da probabilidade mostra uma interação estimulante entre a teoria e a prática. Em seu desenvolvimento, o progresso da teoria abre novos campos de aplicação aumentando seu campo de influência e conduzindo a novos problemas e a pesquisas produtivas.

Para Matthews (2017) as leis da probabilidade são capazes de muita coisa além de apenas entender eventos probabilísticos, ele defende que elas têm se mostrado cruciais para separar impurezas aleatórias do ouro das evidências e, portanto, a necessidade de compreender probabilidade, risco e incerteza nunca foi tão necessária. Isso, pois em meio a agitações políticas, confusões nos mercados financeiros, riscos, ameaças e calamidades, todos ficam ansiosos por uma certeza, tornando indispensável um trabalho com a probabilidade no ensino básico que prepare alunos e os torne aptos a entender o mundo que os cerca.

2.2. O ENSINO DE PROBABILIDADE NOS ANOS FINAIS DO ENSINO BÁSICO

Teoricamente, as propostas curriculares de matemática em todo mundo, dedicam atenção especial a esses temas, enfatizando que o estudo dos mesmos é imprescindível para que as pessoas possam analisar índices de custo de vida, realizar sondagens, escolher amostras e tomar decisões em várias situações do cotidiano. De fato, é inegável que ao considerarmos o mundo em rápida mudança como o que estamos vivendo, é imprescindível o conhecimento da probabilidade de ocorrência de acontecimentos para agilizarmos a tomada de decisão e fazermos previsões (LOPES, 2008).

As Diretrizes Curriculares da Educação Básica, Paraná (2008) colocam a probabilidade como um conteúdo de tratamento de informação, isto é, seu estudo deve contribuir para o desenvolvimento da leitura crítica dos fatos ocorridos na sociedade. Porém, para que o ensino da probabilidade contribua para a efetivação desse fato, é importante que se possibilite aos alunos o confronto com problemas variados do mundo real e que tenham possibilidades de escolherem suas próprias estratégias para solucioná-los, desenvolvendo o pensamento probabilístico.

A resolução de problemas é o princípio norteador da aprendizagem da matemática, mas é preciso entender que problema não é um exercício de aplicação de conceitos recém-trabalhados, mas o desenvolvimento de uma situação que envolve interpretação e

estabelecimento de uma estratégia para a resolução. Não faz sentido trabalhar atividades envolvendo conceitos probabilísticos que não estejam vinculados a uma problemática (LOPES, 2008). Propor coleta de dados desvinculada de uma situação-problema não levará à possibilidade de uma análise real, apenas faz com que os alunos memorizem fórmulas e dificulta a identificação de situações em que seriam aplicadas, pois a memorização não trabalha a interpretação necessária.

Bernades (1987) defende que o ensino de matemática deve ocupar uma forma de pensar que transcenda a memorização e escrita de fórmulas ou numerais, deve se tornar uma tomada consciente de decisões. O trabalho crítico e reflexivo da probabilidade leva o estudante a repensar seu modo de ver a vida, o que contribuirá para a formação de um cidadão mais liberto das armadilhas do consumo, como por exemplo fazer apostas e arriscar seus bens.

A seguir, são apresentadas atividades que trabalham conceitos probabilísticos a partir de situações cotidianas. Nelas, o professor deve apresentar o tema, quantificar o conhecimento dos alunos a respeito do mesmo e permitir que realizem uma análise prévia do que é, e como funciona o objeto em estudo. Depois de entender a mecânica do tema estudado, deve-se estabelecer uma regra matemática que se aplica ao objeto e aplicá-la em situações "reais" sobre o tema.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 A PROBABILIDADE NA DANÇA DAS CADEIRAS

A dança das cadeiras é uma brincadeira simples que estimula agilidade, atenção, estratégia, movimento e ritmo. Por este motivo é vastamente trabalhada com crianças, o que não impede a diversão de adultos. As regras básicas são:

- ✓ O número de cadeiras deve ser menor que o número de jogadores;
- ✓ As cadeiras devem estar organizadas em círculo;
- ✓ Enquanto toca uma música, os participantes devem dançar andando em volta das cadeiras;
- ✓ Quando a música parar, todos se sentam. Quem sobrar em pé está eliminado;
- ✓ O último jogador restante será o vencedor.

De acordo com as regras, se no início da brincadeira há n jogadores participando, o número de cadeiras deverá ser $n - 1$. Ao final da primeira rodada, quando o primeiro jogador for eliminado, ficarão $n - 1$ jogadores e $n - 2$ cadeiras, pois a cada jogada são retirados da brincadeira um jogador e uma cadeira, assim, tem-se:

- Rodada 1: n jogadores e $n - 1$ cadeiras;
- Rodada 2: $n - 1$ jogadores e $n - 2$ cadeiras;
- ...
- Rodada i : $(n - i + 1)$ jogadores e $(n - i)$ cadeiras.

Diante das informações analisadas, deve-se aplicar situações como a seguinte.

- **Situação:** Suponha que em uma turma haja 13 crianças que participarão da dança das cadeiras. Qual a probabilidade de uma criança ganhar em 3 rodadas? Qual a probabilidade de uma criança ganhar em no mínimo 1 e no máximo 3 rodadas? Considerando que a criança tenha sorte de não ter saído nas três primeiras rodadas, qual a probabilidade de ela sair na quarta rodada da brincadeira?

Para descrever a probabilidade na situação, é necessário considerar os seguintes pontos:

- i. Como há 13 crianças participando da brincadeira, sabe-se que o número de cadeiras é 12;
- ii. A quantidade de cadeiras diminui a cada rodada, mudando a probabilidade de vencer em cada rodada;
- iii. Para que a criança vença uma rodada, é necessário que tenha vencido todas as anteriores, isto é, a probabilidade de vencer a i -ésima rodada está condicionada a probabilidade de vencer as $i - 1$ rodadas anteriores.

Consideradas estas informações, torna-se possível revolver as três questões apontadas através de probabilidade condicional (para mais detalhes sobre o conceito de probabilidade condicional veja (YATES; GOODMAN, 2017)).

Primeiramente, segue que a probabilidade de uma criança vencer em 3 rodadas pode ser descrita como

$$P(X = 3) = P(X_1 \cap X_2 \cap X_3),$$

tal que X_i : a criança ganhar na rodada i . Para resolvê-la, sabe-se que

$$P(X_1 \cap X_2 \cap X_3) = P(X_1) \cdot P(X_2|X_1) \cdot P(X_3|X_1 \cap X_2).$$

Além disso, sabe-se que $P(X_1) = 1/12$, $P(X_2|X_1) = 1/11$, pois a segunda rodada possui uma cadeira a menos que a primeira, e $P(X_3|X_1 \cap X_2) = 1/10$, dado que na terceira rodada já foram retiradas 2 cadeiras. Assim,

$$P(X = 3) = \left(\frac{1}{12}\right) \cdot \left(\frac{1}{11}\right) \cdot \left(\frac{1}{10}\right) \approx 0,000758.$$

Logo, a probabilidade de a criança ganhar em 3 rodadas é de aproximadamente 0,0758%.

Agora, para calcular a probabilidade de a criança ganhar em no mínimo 1 e no máximo 3 rodadas, isto é, $P(1 \leq X \leq 3)$ tem-se que

$$P(1 \leq X \leq 3) = P(X = 1) + P(X = 2) + P(X = 3),$$

na qual $P(X = 1)$ é a probabilidade de a criança ganhar a primeira rodada, $P(X = 2)$ a probabilidade de ganhar na segunda rodada e $P(X = 3)$ a probabilidade de ganhar na terceira rodada. Fazendo os cálculos tal qual anteriormente, tem-se $P(X = 1) \approx 0,083333$ e $P(X = 2) \approx 0,007576$. Logo, $P(1 \leq X \leq 3) \approx 0,091667$.

Ou seja, a probabilidade de a criança ganhar de uma a três rodadas é de aproximadamente 9,1667%. No último caso, a ideia é obter a probabilidade de a criança sair na quarta rodada da brincadeira, ou seja, $P(X = 4)$, dada por

$$P(X = 4) = P(X_1 \cap X_2 \cap X_3 \cap \bar{X}_4),$$

em que \bar{X}_4 é a probabilidade de sair na quarta rodada, ou seja, $\bar{X}_4 = 1 - X_4$. Logo,

$$P(X = 4) = \left(\frac{1}{12}\right) \cdot \left(\frac{1}{11}\right) \cdot \left(\frac{1}{10}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{9}\right) \approx 0,000673.$$

Portanto, a probabilidade de a criança sair exatamente na quarta rodada é de aproximadamente 0,0673%.

3.2 A SEGURANÇA DA SENHA PADRÃO

O celular se tornou um objeto comum e indispensável. Crianças, adultos e idosos acabaram por depender deste pequeno aparelho para muitas funções, como por exemplo conversas, redes sociais, fotos, informações bancárias, relógio, músicas e tantas outras funcionalidades que tornam a principal função, a de telefonar, obsoleta. Por isso, diante do fato de que carregamos cada vez mais informações pessoais e importantes no celular, existe um grande esforço em manter tais dados protegidos.

Uma das formas de proteger esses dados é por meio do bloqueio do celular através do uso de senhas de acesso. Além do leitor de digital, dentre as possíveis senhas para celulares com sistema operacional *Android*, existem:

- ✓ Senha numérica, na qual são utilizados apenas números, de 0 a 9, sendo necessário ter no mínimo 4 e no máximo 16 caracteres. Por exemplo, a senha 1234;
- ✓ Senha alfanumérica, na qual podem ser utilizados números, letras maiúsculas e minúsculas e alguns símbolos como ponto, vírgula, hífen e outros. Nesta senha, também é necessário ter no mínimo 4 e no máximo 16 caracteres. Um exemplo é a senha: _Prob.123_;
- ✓ Senha padrão, na qual as senhas são padrões de ligações entre 9 pontos dispostos em um quadrado 3 × 3.

Uma representação gráfica de cada uma dessas senhas pode ser verificada na figura 2.

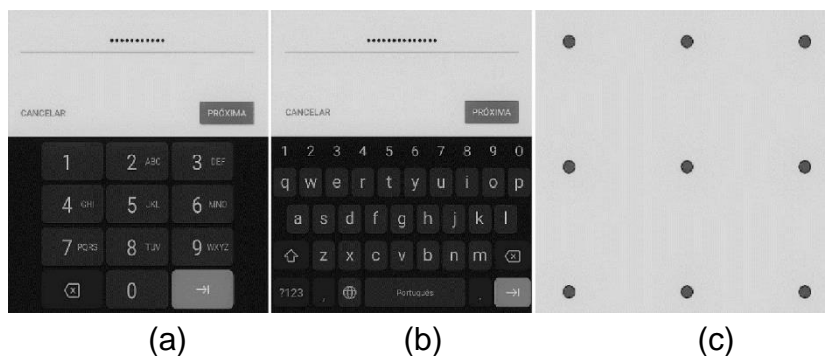


Figura 2. Representação dos três tipos de senha, (a) numérica, (b) alfanumérica, e (c) padrão, respectivamente.

Trabalharemos apenas à análise da senha padrão. Como mostra a mostra a figura 2(c), a base para os padrões se constitui de nove pontos na qual o padrão deve ser constituído pela ligação de no mínimo quatro pontos, podendo ser feito em qualquer direção e com restrições (a) um ponto não pode ser selecionado mais de uma vez; (b) não é possível passar por um ponto sem selecioná-lo.

Em uma senha padrão, a ordenação dos pontos tem influência sobre a senha. As duas representações da figura 3 abaixo, apesar de possuírem o mesmo desenho gráfico, representam senhas padrões distintas, uma vez que a ordenação dos pontos difere. A saber, ao trocar os pontos por números, a senha (a) da Figura 3 é a sequência 14789632 e a senha (b) é a sequência 23698741.

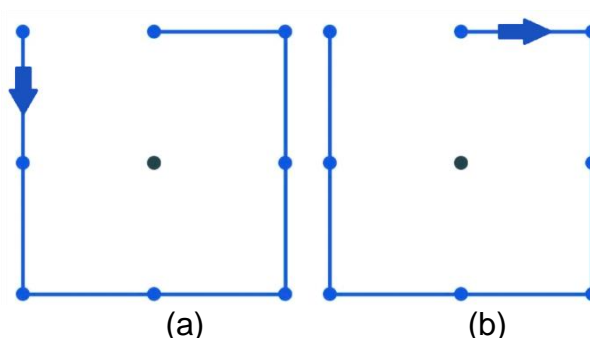


Figura 3. Representações das senhas padrão (a) 14789632 e (b) 23698741.

Loge (2005) apontou em sua pesquisa que os usuários desta senha utilizam em média 5 pontos no padrão de segurança. Diante disso, o foco torna-se a investigar quantos são os padrões possíveis que utilizam 5 pontos para, assim, determinar a probabilidade de alguém sem autorização acertar o padrão de segurança de um celular.

Para quantificar tais padrões, é possível dividir o processo em três partes: padrões que comecem pelos cantos, padrões que comecem pelo meio e padrões que comecem pelo centro. Abaixo, a figura 4 exemplifica tais padrões, sendo (a) 1598732, (b) 24765 e (c) 5289731, começando pelo canto, meio e centro, respectivamente.

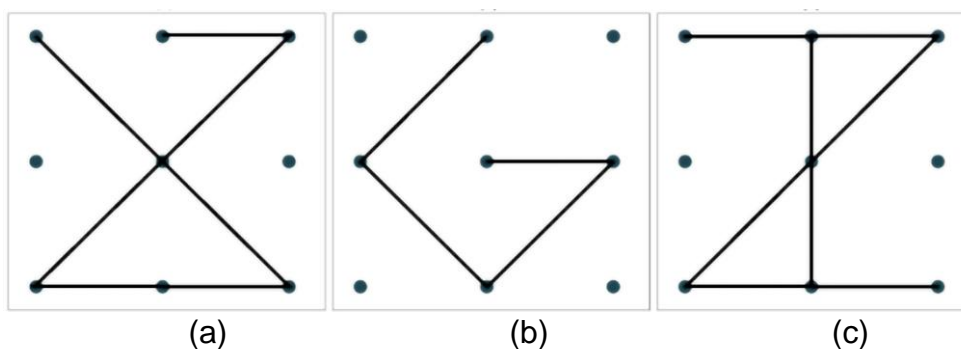


Figura 4. Representações das senhas padrão (a) 1598732, (b) 24765 e (c) 5289731, começando por um canto, meio e centro, respectivamente.

Em um padrão onde o primeiro ponto é o central, temos que os possíveis caminhos a seguir, isto é, os possíveis segundos pontos são 4 cantos e 4 meios, como mostra a figura 5.

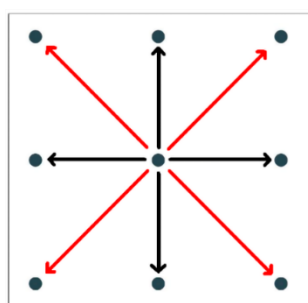


Figura 5. Representação do segundo ponto possível em um padrão iniciado no centro.

Seguindo adiante, dos 4 cantos possíveis, pode-se seguir para um dos 4 meios ou 1 canto. Por outro lado, se o segundo ponto for um dos 4 meios, as possibilidades são seguir para um dos 4 cantos ou um dos 3 meios possíveis. Com este raciocínio, é possível construir um diagrama de árvore que quantifica cada caminho até o quinto ponto do padrão iniciado no ponto central. A figura 6 é um diagrama que quantifica os padrões iniciados no centro e seguido para os cantos.

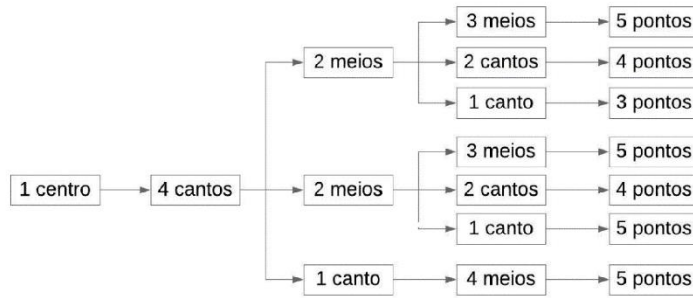


Figura 6. Representação do diagrama que quantifica os padrões iniciados no centro e seguido para os cantos.

A partir da figura 6 é possível calcular quantos padrões são possíveis sabendo que se iniciam no centro e seguem para um dos quatro cantos. Para isso, deve-se multiplicar os elementos dentro de cada linha e somar os resultados obtidos, obtendo 512 padrões possíveis.

Equivalentemente, calculam-se todas as demais possibilidades. A figura 7 representa o diagrama que quantifica os padrões iniciados no centro e seguido para os meios.

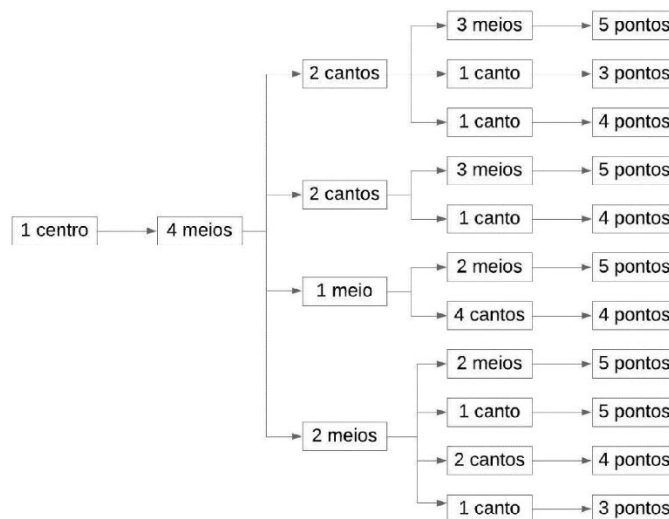


Figura 7. Representação do segundo o diagrama que quantifica os padrões iniciados no centro e seguido para os meios.

Assim, ao multiplicar os elementos das linhas e somar seus resultados obtém-se 640 padrões possíveis que se iniciam no centro e seguem para um dos quatro meios. Ou seja, é possível traçar 1.152 padrões diferentes iniciados no ponto central. Analogamente,

quantificamos os caminhos possíveis para padrões que se iniciam em cantos e para padrões que se iniciam em meios.

Partindo dos cantos, os padrões têm como opção de segundo ponto o centro ou os meios, como mostra a figura 8.

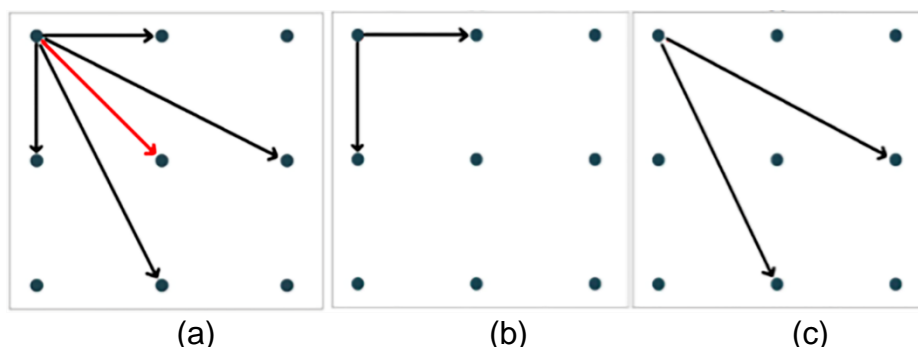


Figura 8. Representação do segundo ponto possível em um padrão iniciado no canto. Representação de (a) meios "a" localizados diretamente ao lado do canto inicial e (b) meios "b" localizados do lado oposto.

Neste caso, além do ponto central, tem-se que meios diretamente ao lado do ponto inicial geram caminhos diferentes dos meios localizados do lado oposto. As figuras 8(a) tem-se a situação meios "a" para diretamente ao lado, e 8(b) meios "b" para o lado oposto ao canto inicial. Calcula-se 704 padrões que se iniciam no canto e têm o centro como segundo ponto. Existem 960 padrões que se iniciam no canto e seguem para os meios "a", e, há um total de 1.072 padrões que se iniciam no canto e seguem para os meios "b". Portanto, é possível traçar 2.736 padrões diferentes quando iniciados em qualquer um dos 4 cantos.

Para finalizar, partindo dos quatro meios os padrões tem como opção de segundo ponto o centro, dois meios e quatro cantos, como mostra a figura 9 abaixo.

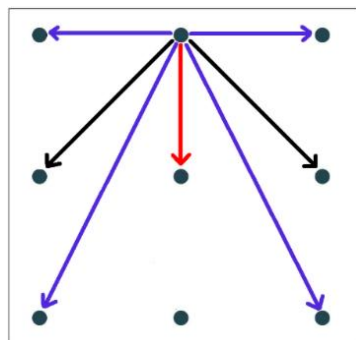


Figura 9. Representação do segundo ponto possível em um padrão iniciado no meio.

Como no caso anterior, neste tem-se que cantos diretamente ao lado do ponto inicial geram caminhos diferentes de cantos localizados ao lado oposto. A figura 9 (a) exemplifica cantos "a" para o lado e, a figura 10 (b) cantos "b" para o lado oposto ao meio inicial.

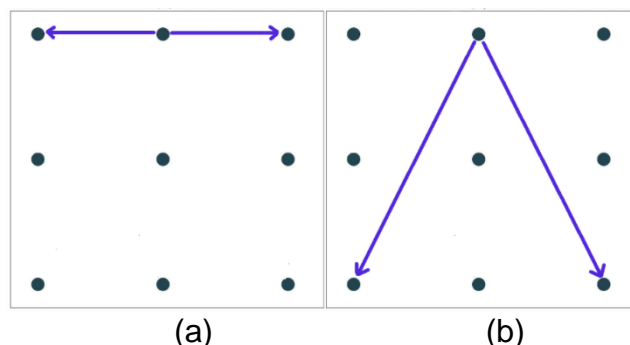


Figura 10. Representação de (a) cantos "a" localizados diretamente ao lado do meio inicial e (b) cantos "b" localizados do lado oposto.

Observa-se 640 padrões possíveis que têm como primeiro ponto um meio e o segundo ponto o centro. Calcula-se 992 padrões possíveis com primeiro ponto um meio e o segundo ponto outro meio. Padrões que têm como primeiro ponto um meio e o segundo ponto um canto "a" computam 864 padrões, e, finalmente, padrões que têm como primeiro ponto um meio e o segundo ponto algum canto "b" resultam em 768 padrões. Ou seja, é possível traçar 3.264 padrões diferentes iniciados em um dos 4 meios.

De todo o relatado, a soma dos possíveis padrões iniciados no centro, cantos e meios resulta em 7.152 padrões de 5 pontos que podem ser usados como a senha de segurança de um celular.

Diante dessas informações é possível analisar a seguinte situação hipotética:

- **Situação:** Suponha uma aposta em que Fulano deve acertar a senha do celular de seu amigo sem utilizar estratégias. Dado que a única informação que possui é que o padrão se inicia no canto superior esquerdo, qual a chance de acertar a senha na décima tentativa?

Como visto, é possível traçar 2.736 padrões quando iniciados em um dos 4 cantos, logo, existem 684 padrões que se iniciam no canto superior esquerdo. Considera-se que

Fulano tentará acertar a senha sem utilizar estratégias, ou seja, fará os padrões aleatoriamente. Assim, a probabilidade de acerto em cada tentativa é de $\frac{1}{684}$.

Ao tentar acertar a senha, em cada tentativa existem apenas duas possibilidades: sucesso ou fracasso. Como o objetivo nesta situação é calcular a probabilidade de acertar a senha, consideramos o sucesso p : *acertar a senha* e o fracasso q : *errar a senha*. Dessa forma, $p = 1/684$ e $q = 1 - 1/684$ em cada tentativa.

Para descrever a probabilidade de Fulano acertar a senha na décima tentativa, precisamos incluir no cálculo a probabilidade de ocorrência de 9 fracassos anteriores. Para isso, utiliza-se a distribuição Geométrica de probabilidades

$$P(X = x) = p \cdot q^{x-1},$$

em que $x = 10$ (Para maiores informações, consulte Neto & Cymbalista (2006)). Assim,

$$P(X = 10) = \left(\frac{1}{684}\right) \cdot \left(1 - \frac{1}{684}\right)^9 \approx 0,001443.$$

Portanto, Fulano tem aproximadamente 0,14% de chance de errar a senha 9 vezes e acertar na tentativa seguinte, isso sem usar estratégia alguma para acertar a senha.

3.3 ACERTANDO NA MEGA-SENA

A Caixa Econômica Federal é a responsável pela administração e gestão das loterias no Brasil, existindo dez tipos de jogos: Mega-Sena, Lotofácil, Quina, Lotomania, Timemania, Duplasena, Federal, Loteca, Lotogol e Dia De Sorte (CAIXA, 2020).

A Mega-Sena é o jogo que paga o maior prêmio dentre os jogos de loteria da Caixa e também é o que possui a menor probabilidade de acerto (CAIXA, 2020). Isso, pois para ganhar o prêmio máximo é necessário acertar os 6 números sorteados no conjunto de 1 a 60, sendo a aposta mínima de 6 números e a máxima de 15. Também são pagos prêmios a quem acerta 4 ou 5 números dos 6 sorteados, denominados quadra e quina, respectivamente.

Para calcular a probabilidade de alguém acertar na mega-sena utiliza-se a probabilidade de ocorrência de um evento, isto é, a razão entre os resultados favoráveis e

todos os resultados possíveis Ross (2010), porém, neste caso, resultados favoráveis será a quantidade de combinações possíveis entre os números jogados, enquanto que resultados possíveis será a quantidade total de combinações de números que podem ser sorteados.

Ao jogar 6 números para acertar a sena só há uma combinação possível no jogo, porém existem 6 combinações diferentes entre os números ao tentar acertar a quina e o sexto número (o não acertado) poderá ser qualquer um dos 54 restantes. Ao tentar acertar a quadra, tem-se 15 combinações possíveis entre os 6 jogados, e os dois não acertados poderá ser qualquer combinação dos 54 não jogados tomados 2 a 2.

Dessa forma, é preciso calcular as combinações possíveis para acertos entre a quantidade de números jogados k , tal que $6 \leq k \leq 15$, e a quantidade x de números que se pretende acertar, isto é, $x = 4$, $x = 5$ ou $x = 6$. Ao mesmo tempo, é necessário fazer a combinação simples entre $N - k$ e $n - x$, ou seja, entre a quantidade de números não jogados e a quantidade que não é preciso acertar (FRAGA, 2013).

Como dito, também é necessária a quantidade de combinações possíveis a serem sorteadas, ou seja, todas as combinações que existem ao sortear 6 números dos 60 disponíveis.

Possuindo essas informações, calcula-se $P(X = x)$ a probabilidade de acertar x números na mega-sena com a seguinte fórmula (onde X é uma variável aleatória hipergeométrica, para mais detalhes sobre tal distribuição consulte Montgomery e Runger, (2018):

$$P(X = x) = \frac{\binom{k}{x} \cdot \binom{N-k}{n-x}}{\binom{N}{n}}. \quad (1)$$

3.3.1. Probabilidade de acertar 6 números

Nessa situação, $x = 6$ é a quantidade de números que se deseja acertar e $6 \leq k \leq 15$ é a quantidade de números que podem ser apostados no jogo. Dessa forma, como $N = 60$ e $n = 6$ são fixos, a Equação (1) se torna

$$P(X = 6) = \frac{\binom{k}{6} \cdot \binom{60-k}{6-6}}{\binom{60}{6}},$$

em que $6 \leq k \leq 15$. Para a aposta mínima de 6 números, $k = 6$,

$$P(X = 6) = \frac{\binom{6}{6} \cdot \binom{54}{0}}{\binom{60}{6}} = \frac{1 \cdot 1}{50.063.860} \approx 0,00000002.$$

Portanto, a chance de acertar na Mega-Sena fazendo a aposta mínima é de aproximadamente 0,000002%. Dessa mesma forma calcula-se as chances de o jogador ganhar apostando de 7 a 15 números, como descrito na tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Probabilidades de acertar 6 números na mega-sena.

Aposta de	Probabilidade (%)
6 números	0,000002
7 números	0,000014
8 números	0,000056
9 números	0,00017
10 números	0,00042
11 números	0,00092
12 números	0,0018
13 números	0,0034
14 números	0,006
15 números	0,01

Da mesma forma, pode-se calcular as probabilidades de acertar a quina e a quadra, pois, como dito anteriormente, jogadores que acertam 4 ou 5 números dos 6 sorteados também ganham uma premiação.

3.3.2. Probabilidade de acertar 5 números

Ao calcular as chances de acertar 5 dos 6 números sorteados (quina), também utiliza-se a Equação (1), porém agora com $x = 5$:

$$P(X = 5) = \frac{\binom{k}{5} \cdot \binom{60-k}{6-5}}{\binom{60}{6}}.$$

Assim, a probabilidade de acertar na quina fazendo a aposta mínima é de aproximadamente 0,00065%, pois

$$P(X = 5) = \frac{\binom{6}{5} \cdot \binom{54}{1}}{\binom{60}{6}} = \frac{6 \cdot 54}{50.063.860} = \frac{324}{50.063.860} \approx 0,0000065.$$

Analogamente, pode-se calcular as probabilidades para apostas de 7 a 15 números, apenas variando o valor de k na Equação (1). As probabilidades resultantes são apresentadas na tabela 2 a seguir.

Tabela 2. Probabilidades de acertar 5 números na mega-sena.

Aposta de	Probabilidade (%)
6 números	0,00065
7 números	0,0022
8 números	0,0058
9 números	0,013
10 números	0,025
11 números	0,045
12 números	0,076
13 números	0,12
14 números	0,18
15 números	0,27

3.3.3. Probabilidade de acertar 4 números

Os cálculos ocorrem analogamente para obter as chances de acertar 4 dos 6 números sorteados, entretanto, nesta situação adota-se $x = 4$.

$$P(X = 4) = \frac{\binom{k}{4} \cdot \binom{60-k}{6-4}}{\binom{60}{6}}.$$

A tabela 3, a seguir, dispõe das probabilidades chances de o jogador acertar 4 números apostando de 7 a 15 números.

Tabela 3. Probabilidades de acertar 4 números na mega-sena.

Aposta de	Probabilidade (%)
6 números	0,043
7 números	0,096
8 números	0,19
9 números	0,32
10 números	0,51
11 números	0,78
12 números	1,12
13 números	1,54
14 números	2,07
15 números	2,70

3.3.4 Comparando as probabilidades da loteria

Até agora as probabilidades de cada aposta e acertos na quadra, quina e sena foram apresentadas separadamente. A tabela 4 mostra os resultados anteriores em proporção e possibilita comparar a probabilidade de cada aposta.

Tabela 4. Probabilidades de acertar na quadra, quina e sena

Quantidade de números apostados	Sena (1 em)	Quina (1 em)	Quadra (1 em)
6	50.063.860	154.518	2.332
7	7.151.980	44.981	1.038
8	1.787.995	17.192	539
9	595.998	7.791	312
10	238.399	3.973	195
11	108.363	2.211	129
12	54.182	1.317	90
13	29.175	828	65
14	16.671	544	48
15	10.003	370	37

Fica evidente que quanto mais números apostados, mais aumentam as probabilidades de acerto, tanto na sena quanto na quina ou na quadra. Em contrapartida, enquanto o valor de uma aposta simples de 6 números atualmente custa R\$4,50, a aposta máxima de 15 números custa R\$22.522,50 (CAIXA, 2020). Ou seja, apesar da probabilidade aumentar de 0,000002% para 0,01% na sena, de 0,0022% para 0,27% na quina e de 0,043% para 2,7% na quadra, há uma diferença monetária de R\$22.518,00 e as chances ainda são menores que 3% em todos os casos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como visto, o início dos estudos sobre a teoria das probabilidades nos remete a era pré-Cristã, se iniciando a partir de estratégias de jogadores para vencer apostas em jogos de azar, também havendo rumores sobre o desenvolvimento de cálculos a partir da cobrança de seguros. A cada estudo e obra publicada, mais estudiosos se interessavam e

investigavam a fundo outras situações, como Girolamo Cardano, Frei Luca Pacioli, Tartaglia e até Galileu Galilei. Dessa forma, a teoria das probabilidades foi se desenvolvendo e conquistando sua importância em diferentes áreas do conhecimento.

Hoje a teoria das probabilidades possui aplicações nas mais diversas áreas científicas e objetivou este trabalho a apresentar que, apesar de sua grandeza, a probabilidade pode ser estudada através de simples situações cotidianas. Nele foram apresentadas três situações escolhidas arbitrariamente que podem ser trabalhadas em sala de aula: o jogo da dança das cadeiras, que utilizou apenas a probabilidade condicional entre eventos; a senha padrão utilizada para bloqueio de tela inicial de celulares, com foco no padrão de 5 pontos, na qual apresentou-se o uso do diagrama de árvore; e as apostas na Mega-Sena, uma das loterias administradas pela Caixa Econômica Federal, na qual estudou-se o conceito de combinação simples.

A descrição da probabilidade presente em cada situação analisada mostrou que essa teoria pode ser estudada de forma simplificada, fora de ramos científicos e descartando o processo de memorização e aplicação aleatória de fórmulas. O uso de resolução de problemas, torna a aula mais produtiva uma vez que os alunos devem apresentar possíveis caminhos para as resoluções. Além disso, se torna interessante situações ainda mais simples e cotidianas, como preparar uma refeição ou tomar caminhos para um compromisso.

Apresentam a probabilidade, considerada difícil, através de situações simples que podem facilitar o primeiro contato com esta ciência. Trabalhar com situações que estejam presentes no dia a dia do aluno ou que sejam de fácil acesso para que o aluno a análise e a entenda pode gerar um grande enriquecimento ao ensino de probabilidade melhorando sua qualidade e, conseqüentemente, desenvolvendo no aluno o pensamento probabilístico e crítico sobre fatos ocorridos a sua volta.

5. REFERÊNCIAS

BATISTA, A. A. V. **Incertezas, decisões e o estudo da probabilidade**. Disponível em <<https://educacao.estadao.com.br/blogs/blog-dos-colegios-santa-maria/incertezas-decisoes-e-o-estudo-da-probabilidade/>>. Acessado em 01/06/2019.

BERNARDES, O. Para uma abordagem do conceito de probabilidade. **Educação & Matemática**, n. 3, p. 13-15, 1987.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Loterias Caixa**. Disponível em <<http://loterias.caixa.gov.br/wps/portal/loterias/landing/megasena/>>. Acessado em 15/07/2019.

- CALABRIA, A. R.; CAVALARI, M. F. Um passeio histórico pelo início da Teoria das Probabilidades. **XX SEMINÁRIO NACIONAL DE HISTÓRIA DA MATEMÁTICA**, Campinas: Unicamp, 2013.
- COUTINHO, C. Q. S. Conceitos probabilísticos: quais contextos a história nos aponta? **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v. 2, n. 3, p. 50-67, 2007.
- DAVID, F. N. **Games, gods and gambling: a history of probability and statistical ideas**. 1ª ed, Hafner Publishing Company, 1962.
- FELLER, W. **Introdução à teoria das probabilidades e suas aplicações: parte 1 - espaços amostrais discretos**. Edgard Blücher, 1976.
- FRAGA, R. R. **O estudo das loterias: uma abordagem motivadora e facilitadora para aprendizagem de probabilidade no ensino médio**. (Dissertação) Mestrado Profissional em Matemática - Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada, Rio de Janeiro, 2013.
- HACKING, I. **The emergence of probability: a philosophical study of early ideas about probability, induction and statistical inference**. 2ª ed. Cambridge University Press, 2006.
- KATZ, V. J. **A History of Mathematics: an introduction**. 3ª ed, Addison Wesley, 2009.
- LOGE, M. D. **Me Who You Are and I Will Tell You Your Unlock Pattern**. (Dissertação) Mestrado em Ciência da Computação - Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 2015.
- LOPES, C. E. O Ensino da estatística e da Probabilidade na Educação Básica e a Formação dos Professores. **Revista Cadernos Cedes**, v. 28, n. 74, p. 57-73, 2008.
- MATTHEWS, R. **As leis do acaso: como a probabilidade pode nos ajudar a compreender a incerteza**. 1ª ed, Jorge Zahar, 2017.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 6ª ed, LTC, 2018.
- NETO, P. L. O. C.; CYMBALISTA, M. **Probabilidades: resumos teóricos, exercícios resolvidos, exercícios propostos**. 2ª ed, Editora Blucher, 2006.
- PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Matemática**. Curitiba, 2008.
- ROSS, S. **Probabilidade: um curso moderno com aplicações**. 8ª ed, Bookman, 2010.
- SILVEIRA, J. F. P. **Início da Matematização das probabilidades**. Disponível em <<http://www.mat.ufrgs.br/~portosil/histo2c.html>>. Acessado em 24/06/2019.
- TODHUNTER, I. **Mathematical Theory of Probability: from the time of Pascal to that of Laplace**. Chelsea Publishing Company Bronx, 1965.
- VIALI, L. Algumas Considerações sobre a Origem da Teoria das Probabilidades. **Revista Brasileira de História da Matemática**, v. 8, n. 16, p. 143-153, 2008.
- YATES, R. D.; GOODMAN, D. J. **Probabilidade e processos estocásticos: uma introdução amigável para engenheiros eletricitas e da computação**. 3ª ed, LTC, 2017.

ORGANIZADOR

Josimar Batista Ferreira



Possui graduação em Agronomia (2001) pela Universidade Federal do Acre -UFAC, Mestrado (2004) e Doutorado (2006) em Agronomia/Fitopatologia pela Universidade Federal de Lavras -UFLA. Atualmente é professor da Universidade Federal do Acre- UFAC, membro permanente do Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia. Exerceu Cargo de Pró-reitor de pesquisa e pós-graduação no período de 09/2012 a 08/2018. Assessor de Cooperação Interinstitucional e eleito Vice-reitor para quadriênio de 2018 a 2022. Tem experiência ação na área de Agronomia, com ênfase em Fitopatologia, atuando principalmente nos seguintes temas: Manejo de doenças de plantas, Diagnose, Epidemiologia, Controle, além de conhecimentos sobre microscopia eletrônica, ferramenta utilizada no desenvolvimento da tese. Desenvolveu trabalhos sobre doenças do cafeeiro nos patossistemas antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) e mancha manteigosa. Ministra disciplinas de Microbiologia, Patologia Florestal, Fitopatologia geral e aplicada nos cursos de Eng. Florestal, Ciências Biológicas e Eng. Agrônoma e na pós-graduação ministra disciplina Tecnologia em proteção de doenças de planta.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adubação orgânica: 38, 40, 43, 47, 51 e 52.

Análise sensorial: 198, 201, 203 e 207.

Aplicações de probabilidade: 216

Aquecedor solar: 121, 123, 131 e 137.

C

Cálculos teóricos: 178 e 195.

Consórcio: 16, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64 e 66.

Corrosão: 110, 113, 117, 178, 179, 180, 181, 182, 185, 187, 188, 191, 192, 193, 194 e 195.

Cultivares: 17, 56, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 70, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84 e 88.

D

Desenvolvimento sustentável: 145, 146, 157, 159, 172, 174 e 176.

E

Eficiência energética: 145, 153 e 154.

Enaminoésteres: 178, 181, 182, 183, 187, 188, 189, 190, 191, 192 e 195.

Energia solar: 121.

Esterco de galinha poedeira: 38, 40, 41, 42, 43, 46, 47, 50 e 53.

Estresse oxidativo: 98.

Estudo bibliométrico: 157, 158 e 176.

F

Farelo de mamona: 20, 21, 23, 24, 25, 26, 29, 34 e 35.

Fibra bruta: 20, 23, 25, 28, 29, 33 e 34.

Físico-quimicamente: 198 e 201.

Frangos de corte: 20, 24, 25 e 32.

G

Girassol: 87, 89, 90, 92, 93 e 94.

H

História da probabilidade: 216 e 217.

I

Ilex Paraguariensis: 98, 99 e 100.

Inovação energética: 157, 159, 168, 171, 172 e 176.

J

Jatropha curcas L.: 56, 57 e 60.

M

Mamona: 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 64, 87, 88, 89, 90, 92, 93 e 94.

Materiais de construção: 110, 112, 113, 114, 115, 116 e 117.

Mel composto: 198 e 200.

N

Nabo forrageiro: 87, 89, 90, 92, 93 e 94.

Nanomateriais: 110, 111, 112, 113, 115, 116 e 117.

Nanotecnologia: 110, 111, 113 e 117.

Nematoide das galhas: 87.

O

Óleo: 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 24, 26, 28, 29, 32, 34, 57, 58, 183 e 184.

Oryza sativa L.: 70 e 71.

P

Pequenas centrais hidrelétricas: 145, 146, 157, 158, 160, 163, 164, 168 e 176.

Pesticidas: 98.

Produtividade: 10, 12, 16, 17, 38, 39, 40, 42, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 71, 72, 73, 75, 79, 81, 83 e 154.

PVC: 121, 122, 123, 125, 126, 127, 128, 129 e 140.

R

Repotenciação: 145, 148, 152, 153, 154, 157, 158, 159, 167 e 176.

Ricinus communis L.: 10, 11, 20, 21 e 88.

S

Sistemas de cultivo: 56, 61, 65 e 66.

Solos: 16, 17, 21, 40, 56, 60, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83 e 84.

Suínos: 20, 24, 25, 33, 34 e 35.

T

Teoria das probabilidades: 216, 217, 220, 235 e 236.

V

Vigna unguiculata: 56, 57



DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283525