



**Stricto
ensu**
Editora

DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO NO BRASIL: INTERDISCIPLINARIDADE 2

ISBN: 978-65-86283-66-2

ORGANIZADORES

José Genivaldo do Vale Moreira
Rodrigo Otávio Peréa Serrano

2021

José Genivaldo do Vale Moreira

Rodrigo Otávio Peréa Serrano

(Organizadores)

Desenvolvimento Científico e Tecnológico no Brasil: Interdisciplinaridade 2

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)

D451

Desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil: interdisciplinaridade 2 / José Genivaldo do Vale Moreira, Rodrigo Otávio Peréa Serrano (orgs.). – Rio Branco : Stricto Sensu, 2021.

246 p. : il.

ISBN: 978-65-86283-66-2

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283662

1. Ciência. 2. Tecnologia. 3. Desenvolvimento. I. Moreira, José Genivaldo do Vale II. Serrano, Rodrigo Otávio Peréa. III. Título.

CDD 22. ed. 607.0918

Bibliotecária 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

Seguindo na linha da interdisciplinaridade inserida no desenvolvimento científico e tecnológico, esta obra contempla o resultado de pesquisas que vão das Ciências Econômicas a Ambientais, passando pelas Ciências Biológicas e as Engenharias.

Os 14 capítulos evidenciam a interdisciplinaridade mencionada e são frutos do comprometimento de diversos pesquisadores que acreditam na Ciência, e o quanto suas ferramentas auxiliam na tomada de decisão, com vistas ao desenvolvimento sustentável.

De tudo, ambiciona-se incentivar ao progresso socioeconômico, a partir do horizonte convergente de tais pesquisas ou até mesmo impulsionar a construção de novas hipóteses ao fortalecimento do ciclo racional e brilhante da Ciência.

Desejamos a todos uma excelente leitura!

Prof. Dr. Genivaldo Moreira

Prof. Dr. Rodrigo Peréa

SUMÁRIO

CAPÍTULO. 1.....10

A COLABORAÇÃO NA TOMADA DE DECISÃO: UM SUPORTE SEMI-AUTOMATIZADO PARA O GERENCIAMENTO DA EVOLUÇÃO DE EMPRESAS VIRTUAIS

Marcus Vinicius Drissen Silva (Universidade Federal de Santa Catarina)

Antônio Pereira Cândido (Universidade Federal de Santa Catarina)

Cleverson Tabajara Vianna (Universidade Federal de Santa Catarina)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283662.01

CAPÍTULO. 2.....30

A PRESERVAÇÃO DA IDENTIDADE CULTURAL DA COMUNIDADE DO CAJUEIRO: CONFLITOS COMO ESTRATÉGIA PARA GARANTIA DE TERRITÓRIO

Alexandre Moura Lima Neto (Universidade Federal do Maranhão)

Alessandra Anchieta Moreira Lima de Aguiar (Universidade CEUMA)

Klisman Lucas de Sousa Castro (Universidade Federal do Maranhão)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283662.02

CAPÍTULO. 3.....49

PERDAS ECONOMICAS OCASIONADAS POR LESÕES DE CISTICERCOSE EM CARCAÇAS BOVINAS

Robson Lopes Cardoso (Universidade Estadual de Goiás)

Claudia Peixoto Bueno (Universidade Estadual de Goiás)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283662.03

CAPÍTULO. 4.....62

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE OLEAGINOSAS DA AMAZÔNIA

Naila Fernanda Sbsczk Pereira Meneguetti (Universidade Federal do Acre)

Geyse Souza Santos (Universidade Federal do Acre)

Clarice Maia Carvalho (Universidade Federal do Acre)

Renato André Zan (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia)

Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti (Universidade Federal do Acre)

Mauro Siviero (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283662.04

CAPÍTULO. 5.....73

ANÁLISE CITOTÓXICA, GENOTÓXICA E MUTAGÊNICA DOS ÓLEOS DE *Bertholletia excelsa* E *Carapa guianensis*

Naila Fernanda Sbsczk Pereira Meneguetti (Universidade Federal do Acre)

Hémilly Caroline da Silva Paixão (Universidade Federal do Acre)

Sérgio Luiz Prolo Júnior (Universidade Federal do Acre)

Clarice Maia Carvalho (Universidade Federal do Acre)

Francisco Carlos da Silva (Centro Universitário São Lucas)

Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti (Universidade Federal do Acre)

Mauro Siviero (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283662.05

CAPÍTULO. 6.....86

TRIAGEM DA AÇÃO ANTIPLASMODIAL *in vitro* DE COMPOSTOS E METABÓLITOS SECUNDÁRIOS ISOLADOS DE *Maytenus guianensis* KLOTZSCH EX REISSEK (CELASTRACEAE) CHICHUÁ AMAZÔNICO

Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti (Universidade Federal do Acre)

Renato Abreu Lima (Universidade Federal do Amazonas)

Fernanda Bay Hurtado (Universidade Federal de Rondônia)

Guilherme Matos Passarini (Universidade Federal de Rondônia)

Flávio Augusto de Souza Oliveira (Universidade Federal de Rondônia)

André Luiz Rodrigues Menezes (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia)

Mariane Albuquerque Lima Ribeiro (Universidade Federal do Acre)

Patrícia Soares de Maria de Medeiros (Universidade Federal de Rondônia)

Carolina Bioni Garcia Teles (Fundação Oswaldo Cruz)

Júlio Sancho Linhares Teixeira Militão (Universidade Federal de Rondônia)

Valdir Alves Facundo (Universidade Federal de Rondônia)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283662.06

CAPÍTULO. 7.....104

INFLUÊNCIA DO MICROBIOMA DA SERAPILHEIRA DE *Theobroma grandiflorum* NA RESISTÊNCIA A *Moniliophthora perniciosa* EM CUPUAÇUZEIRO

Laryssa dos Santos Prado (Universidade Federal do Acre)

Thalya da Silva Rodrigues (Universidade Federal do Acre)

Nárcya Trindade de Souza (Universidade Federal do Acre)

Clarice Maia Carvalho (Universidade Federal do Acre)

Leila Priscila Peters (Universidade Federal do Acre)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283662.07

CAPÍTULO. 8.....116

AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO PROCESSO DE PASTEURIZAÇÃO DE LEITE “*In Natura*” TIPO C COMERCIALIZADO NO MUNICÍPIO DE RIO BRANCO, ACRE

Jaélina Oliveira da Silva (Centro Universitário Uninorte)

Maria do Socorro de Lima Pontes Gonçalo (Centro Universitário Uninorte)

Necir Martins Gomes Neta (Centro Universitário Uninorte)

Elaine Oliveira Costa de Carvalho (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia)

Mariane Albuquerque Lima Ribeiro (Universidade Federal do Acre)

Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti (Universidade Federal do Acre)

Cassio Toledo Messias (Universidade Federal do Acre)

André Luiz Rodrigues Menezes (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283662.08

CAPÍTULO. 9.....136

TENDÊNCIAS TEMPORAIS DE SÉRIES CLIMATOLÓGICAS NO BRASIL

Ednária Santos de Araújo (Universidade Federal do Acre)

Kelly Nascimento Leite (Universidade Federal do Acre)

Jefferson Vieira José (Universidade Federal do Acre)

Raimundo Nonato Farias Monteiro (Fundação Cearense de Meteorologia)

Geocleber Gomes de Sousa (Universidade Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira)

Leandra Bordignon (Universidade Federal do Acre)

José Genivaldo do Vale Moreira (Universidade Federal do Acre)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283662.09

CAPÍTULO. 10.....157

QUALIDADE DA ÁGUA DE PESQUE-PAGUES: ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

Mariana Nogueira Braulino de Melo (Universidade Estadual de Goiás)

Karyne Oliveira Coelho (Universidade Estadual de Goiás)

Fernanda Rodrigues Taveira Rocha (Universidade Estadual de Goiás)

Oswaldo Jose da Silveira Neto (Universidade Estadual de Goiás)

Aracele Pinheiro Pales dos Santos Docente (Universidade Estadual de Goiás)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283662.10

CAPÍTULO. 11.....175

SANEAMENTO BÁSICO NO ACRE: CONTRIBUIÇÕES E INDUÇÕES DA LEI Nº 11.445/2007

Clautevir Costa Lima (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre)

José Genivaldo do Vale Moreira (Universidade Federal do Acre)

Jorcely Gonçalves Barroso (Universidade Federal do Acre)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283662.11

CAPÍTULO. 12.....192

DIREITO E DIRETRIZES DE ACESSO A ÁGUA: CONTEXTO GERAL E PANORAMA DE ACESSO À ÁGUA TRATADA NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO ACRE, BRASIL

Carolina de Lima Accorsi Montefusco (Universidade Federal do Acre)

Daniela Silva Tamwing (Universidade Federal do Acre)

Wilians Montefusco da Cruz (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre)

Osmar José Accorsi (Universidade Federal do Acre)

José Genivaldo do Vale Moreira (Universidade Federal do Acre)

Rodrigo Otávio Peréa Serrano (Universidade Federal do Acre)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283662.12

CAPÍTULO. 13.....210

PERSPECTIVA DA EVOLUÇÃO DO LEITO DO RIO ACRE NAS PRÓXIMAS TRÊS DÉCADAS NA CIDADE DE RIO BRANCO, ACRE, BRASIL

Osmar José Accorsi (Universidade Federal do Acre)

Carolina de Lima Accorsi Montefusco (Universidade Federal do Acre)

Wilians Montefusco da Cruz (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre)

Esperidião Fecury Pinheiro de Lima (Universidade Federal do Acre)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283662.13

CAPÍTULO. 14.....228

EFEITOS ABRASIVOS DOS SEDIMENTOS FLUVIAIS EM MÁQUINAS DE FLUXO: UMA AVALIAÇÃO DO DESGASTE EM DOIS ROTORES DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA BRUTA

Rodrigo Otávio Peréa Serrano (Universidade Federal do Acre)

Anderson Azevedo Mesquita (Universidade Federal de Rondônia)

Francisco Ivam Castro do Nascimento (Universidade Federal de Rondônia)

Waldemir Lima dos Santos (Universidade Federal do Acre)

José Genivaldo do Vale Moreira (Universidade Federal do Acre)

DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283662.14

ORGANIZADORES.....242

ÍNDICE REMISSIVO.....243

A COLABORAÇÃO NA TOMADA DE DECISÃO: UM SUPORTE SEMI-AUTOMATIZADO PARA O GERENCIAMENTO DA EVOLUÇÃO DE EMPRESAS VIRTUAIS

Marcus Vinicius Drissen Silva^{1,2}, Antônio Pereira Cândido² e Cleverson Tabajara Vianna^{1,2}

1. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Departamento de Automação e Sistemas (DAS), Florianópolis, Santa Catarina, Brasil;
2. Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Departamento Acadêmico de Saúde e Serviços (DASS), Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

RESUMO

Este trabalho apresenta um modelo de apoio à tomada de decisão colaborativa e distribuída voltado à resolução de problemas ocorridos em alianças estratégicas como as Empresas Virtuais (EV). A evolução numa EV trata problemas ocorridos na operação da EV, que põem em risco os resultados planejados. Isso requer a aplicação de mecanismos de resolução de problemas para garantir a elaboração de um novo, porém exequível, plano de operação. O aspecto principal considerado é que membros de uma EV são autônomos e, portanto, os parceiros afetados pelo problema devem discutir sobre as necessidades de mudança nos planos atuais. O modelo colaborativo de tomada de decisão é composto de um protocolo de decisão semi-automatizado, que guia metodologicamente os gestores na resolução do problema, de um ambiente de discussão colaborativa e troca de informações. Apoia-se no uso de ferramentas e técnicas de avaliação de cenários alternativos, que associados a uma infraestrutura de tecnologia de comunicação e informação (TIC), compõem um novo arcabouço conceitual de tomada de decisão colaborativa.

Palavras-chave: Discussão colaborativa, Gerenciamento de mudanças e Avaliação de desempenho.

ABSTRACT

This work presents a collaborative and distributed decision-making support model in order to solve problems that occur in strategic alliances such as Virtual Enterprises (VE). The evolution of an VE deals with problems that occurred in the operation of the VE, which could put on risk the planned results. This requires the application of problem-solving mechanisms to ensure that a new but workable plan of operation is developed. The main aspect considered is that members of a VE are autonomous and therefore the partners affected by the problem should discuss about the needs for change in the current plans. The collaborative decision-making model is composed of a semi-automated decision protocol, which methodologically

guides managers in problem solving, into an environment of collaborative discussion and exchange of information. It is supported using tools and techniques for evaluating alternative scenarios, which, associated with an information and communication technology (ICT) infrastructure, that compose a new conceptual framework for collaborative decision-making. **Keywords:** Collaborative Discussion, Change management and Performance evaluation.

1. INTRODUÇÃO

A colaboração entre empresas promovendo alianças estratégicas é considerada como uma das maiores contribuições frente à competição global (ULBRICH et al., 2009). Parcerias colaborativas (Figura 1) oferecem às empresas condições de reduzir custos e riscos, aumentar capacidades, expandir mercados, e adquirir maior conhecimento de negócios (CAMARINHA-MATOS; AFSARMANESH; OLLUS, 2005). Existem várias manifestações de parcerias colaborativas, como cadeias de suprimento, Arranjo Produtivo Local (APL) e clusters. Um outro exemplo são as Empresas Virtuais (EV), que é o foco deste trabalho.

Uma EV é uma agregação dinâmica, pontual e temporária de empresas autônomas que colaboram entre si, com o objetivo estratégico de atender a uma necessidade de mercado. A operação de uma EV é feita pelo compartilhamento coordenado de recursos, habilidades, informações e conhecimento através de suporte de uma infraestrutura de redes de computadores (RABELO; PEREIRA-KLEN; KLEN, 2004), atuando como sendo uma única empresa. Os parceiros de uma EV (figura 1) pertencem a um ACV (Ambiente de Criação de Organizações Virtuais), tendo em comum, princípios de operação e regras de colaboração, necessários para a manutenção de um alto grau de confiança entre eles (CAMARINHA-MATOS; AFSARMANESH, 2004).

Empresas Virtuais são tipicamente organizadas em fases (figura 1), conhecidas como o ciclo de vida da EV: criação, operação, evolução e dissolução (CAMARINHA-MATOS; AFSARMANESH, 1999). A fase de criação compreende o planejamento e seleção de parceiros, a operação é a execução e o monitoramento das atividades planejadas, a fase de evolução é responsável pela resolução de problemas detectados na fase de operação, e a dissolução compreende todos os aspectos relacionados ao final das atividades da EV. A abordagem principal deste artigo, volta-se para a fase de evolução, oferecendo modelo de apoio à tomada de decisão para a resolução dos conflitos surgidos.

Uma EV é aliança considerada única, significando que a forma como um determinado problema foi resolvido numa dada EV, não é necessariamente válida para outra EV. Dada

essa característica de ser única as EVs podem ser vistas como projetos, sendo que neste trabalho considera-se a inovação na gestão organizacional, focando-se no uso dos conceitos associados aos modelos de referência para o gerenciamento de projetos, em especial aqueles que tratam da necessidade de mudanças.

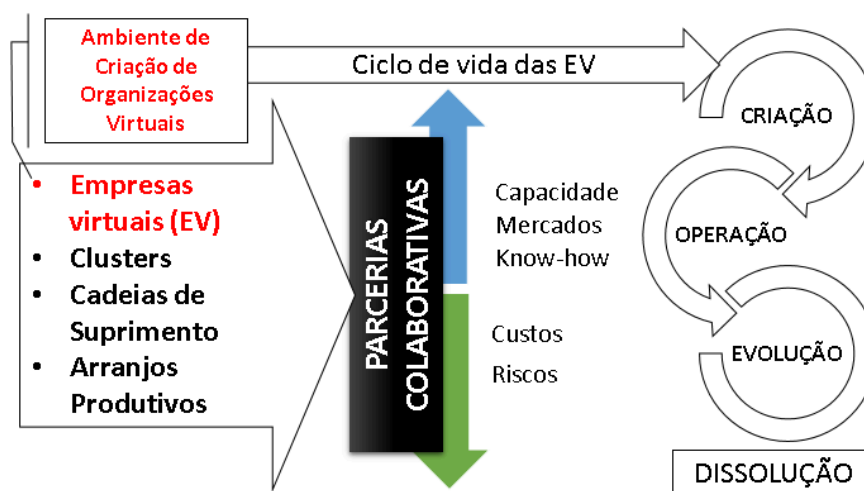


Figura 1. Alianças Estratégicas e o Ambiente de Criação de Empresas Virtuais.
 Fonte: Criação dos autores a partir de Camarinha-Matos e Afsarmanesh (1999) e Camarinha-Matos, Afsarmanesh e Ollus (2005).

A teoria de gestão organizacional considera a inovação como um aspecto tão importante como a gestão de pessoas, gestão de custos, gestão de recursos e fatores de desempenho, dentre outros elementos de gestão destacados nas organizações, baseando-se na intensificação dos estudos voltados para a organização dos processos de implantação de culturas e de recursos inovadores nas organizações, realizados nas últimas décadas (CÂNDIDO et al., 2015).

As parceiras colaborativas que apresentam uma grande empresa dominante, a exemplo das empresas estendidas (O'NEILL, 1995), têm uma gestão simples e centralizada, contudo, o gerenciamento da evolução de EVs implica na consideração de todas as empresas envolvidas, o que torna o gerenciamento da evolução de uma EV um processo complexo. A figura 2 apresenta uma visão geral dos aspectos relacionados à abordagem de gerenciamento e tomada de decisão de forma centralizada e descentralizada em associação ao fator de ênfase no trabalho colaborativo entre parceiros, que acaba culminando em um rol de requisitos potencialmente necessários para embasar a necessidade de definir um novo modelo de decisão descentralizado e colaborativo para Empresas Virtuais, como o proposto neste trabalho.

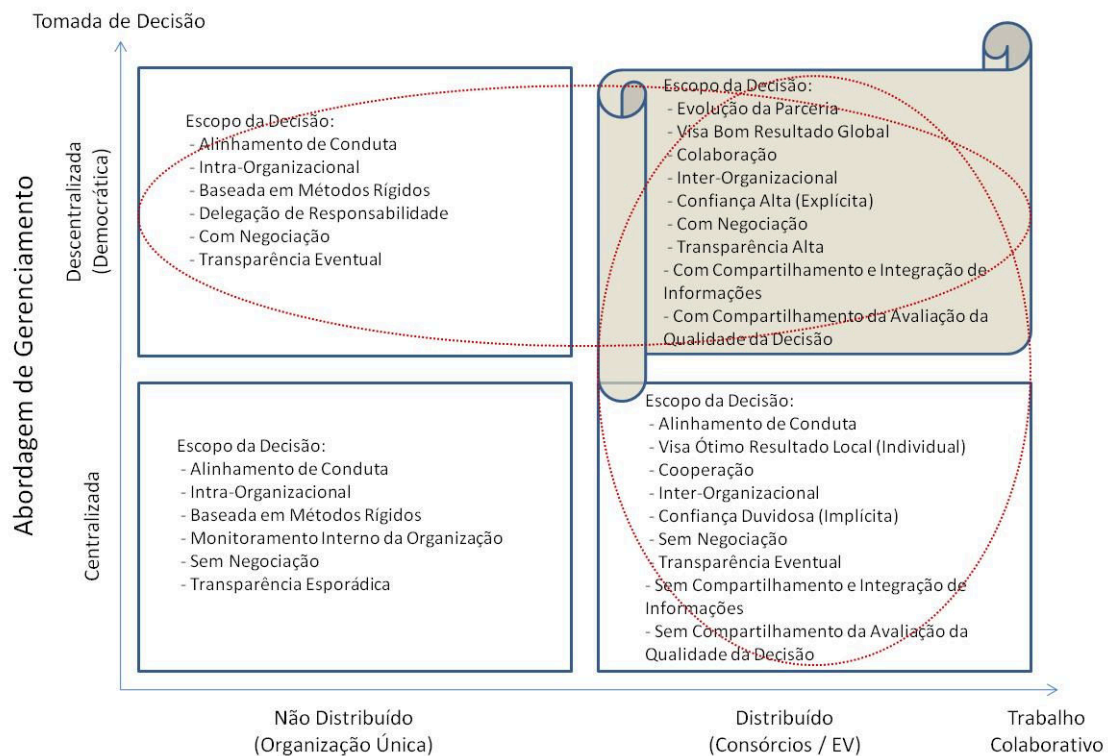


Figura 2. Requisitos para decisão descentralizada com trabalho colaborativo.
 Fonte: Adaptado de Loss (2007) e Ollus et al. (2009).

Na fase de evolução, os gestores devem considerar a necessidade de mudanças no plano atual de EV, considerando os diferentes tipos de problemas que possam ocorrer durante a fase de operação. Exemplos de problemas incluem: antecipação ou atraso na entrega de um item, desempenho de um parceiro abaixo do necessário, tarefas não executadas apropriadamente, alteração na especificação do produto e problemas logísticos.

Dentre os pressupostos que envolvem a concepção de um sistema de apoio à tomada de decisão, têm-se alguns elementos que ajudam a compor um cenário de fundamentação e de linha de raciocínio para o entendimento da proposta apresentada neste trabalho. Dessa forma, este trabalho apresenta os resultados da pesquisa realizada, no tocante à implementação de um protótipo computacional, aos testes realizados nesse protótipo e aos elementos de verificação e validação do modelo conceitual. Esse modelo apresenta um arcabouço (*framework*) de suporte à decisão colaborativa, com apoio de um protocolo de decisão flexível e de ferramentas de avaliação prévia do impacto da decisão, sendo capaz de auxiliar gestores independentes no gerenciamento da necessidade de mudanças em parcerias colaborativas.

2. MÉTODOS

2.1. O GERENCIAMENTO DA NECESSIDADE DE MUDANÇAS EM PROJETOS

O gerenciamento de projetos pode ser considerado uma das bases para o desenvolvimento da abordagem de gerenciamento de EVs, tendo em vista que projetos têm uma grande similaridade, do ponto de vista de produção intensiva, às organizações virtuais. O PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*), define que “um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto ou serviço único” (PMBOK, 2004), e uma Empresa Virtual é definida como: “alianças dinâmicas e temporárias de organizações que, em conjunto, compartilham habilidades, competências e recursos para melhor atender às oportunidades de negócios e oferecer produtos e serviços com valor agregado, e onde a colaboração tem suporte em redes computacionais” (CAMARINHA-MATOS; AFSARMANESH; OLLUS, 2005).

Sob a perspectiva de gerenciamento de projetos, o gerenciamento da evolução de uma EV passa pela verificação, medição, planejamento e discussão. Ou seja, necessita de quatro aspectos importantes: i) monitoramento do desempenho (com uso de *BSC*, *SCOR* ou *OLAP*, por exemplo); ii) avaliação de desempenho por modelagem (com uso de planilhas de reescalonamento de tarefas, simulação, teoria de filas ou modelagem analítica, por exemplo); iii) guia metodológico de condução da evolução; e iv) discussão colaborativa (com o uso de mecanismos como *HERMES*, *Delphi* e *groupware*). A esses quatro aspectos de assistência ao gerenciamento de EV, o arcabouço aqui proposto verifica os modelos conceituais e de conhecimento empíricos que vem sendo desenvolvidos ao longo de décadas para o gerenciamento de projetos, e os descreve como modelos de referência para o gerenciamento da mudança em projetos.

A gerência ágil de projetos (*APM – Agile Project Management*) trata o problema da necessidade de mudanças como adaptação no processo de investigação e exploração de alternativas para adequação a novos cenários (LEITE, 2004). E no PMBOK, o controle integrado de mudanças é insuficiente tendo em vista que não faz um aprofundamento sensível nesse aspecto. Segundo Glen Alleman (2006) a agilidade na gerência projetos é o motor do negócio, sem habilidade de para lidar com a mudança o negócio torna-se um “legado instantâneo”. Alleman diz que “as organizações ágeis veem as mudanças como oportunidades, não como ameaças”.

Outros modelos de referência para o gerenciamento de projetos e de controle do gerenciamento de mudanças são encontrados, e podem ser melhor enquadrados aos propósitos de identificação da necessidade da mudança, proposta, planejamento e implementação da mudança, em especial o Gerenciamento de Mudanças de Engenharia – GME, mais costumeiramente conhecido pela sigla em inglês ECM (*Engineering Change Management*) (TAVČAR; DUHOVNIK, 2005; ROZENFELD et al., 2006). O ECM figura como o modelo mais adequado para os propósitos deste trabalho que é justamente voltado à análise da necessidade de mudanças.

Dentre as possíveis mudanças em processo de desenvolvimentos de produtos, se tem as mudanças controladas e as não controladas; nas primeiras, as controladas, há as que surgem na fase de desenvolvimento e as que surgem da fase de pós-desenvolvimento (ROZENFELD et al., 2006). Neste trabalho, o foco está nas mudanças que ocorrem na fase de desenvolvimento do produto ou serviço, pois a EV encontra-se em operação e, portanto, ainda não chegou na fase de dissolução.

2.2. A TOMADA DE DECISÃO COLABORATIVA E SEUS ASPECTOS FUNDAMENTAIS

Nas parcerias colaborativas uma das premissas fundamentais é a colaboração entre os parceiros, assim esse aspecto intrínseco relacionado a agrupamento estratégico de empresas pode ser enfatizado através de um ambiente colaborativo de troca de informações relativas à resolução de problemas. Dessa forma, sistemas de *Groupware* ou ferramentas CSCW (*Computer Supported Collaborative Work*) têm sido largamente usados auxiliando os usuários em tarefas co-relacionadas em redes locais e remotas (WULF; PIPEL; WON, 2008).

Assumindo que parceiros de alianças estratégicas de empresas são autônomos e devem participar das tomadas de decisão de resolução de problemas, é necessário oferecer um sistema que possa reunir remotamente os gestores, via internet, para discutir acerca da necessidade de mudança, sendo guiados por um protocolo de decisão flexível, em um ambiente estruturado de troca de argumentações sob moderação, com o uso de ferramentas de avaliação prévia do impacto da decisão, compondo assim um conjunto de requisitos para a concepção de um novo modelo de decisão.

Tomando por base esses requisitos, algumas classificações, e outros elementos de diferenciação (TURBAN; ARONSON, 1998; PHILLIPS-WREN; FORGIONNE, 2001), a proposta de modelo de apoio à decisão com uso de argumentação e moderação, que será apresentada nas próximas seções, segue a seguinte classificação: baseado em negociação,

descentralizado, parcialmente hierárquico, com vários estágios, semi-estruturado, com vários participantes e baseado em equipe. O detalhamento dessa classificação é exposto a seguir:

- Baseado em negociação;
- Descentralizado;
- Parcialmente hierárquica;
- Vários estágios;
- Com ações semi-estruturadas;
- Vários participantes;
- Baseada em equipe.

O conjunto desses elementos dá suporte à proposta de um arcabouço computacional de apoio à tomada de decisão colaborativa e distribuída, que é apresentado a seguir.

2.3. O SUPORTE À DECISÃO NA EVOLUÇÃO DE EMPRESAS VIRTUAIS

A fim de oferecer suporte à tomada de decisão, um arcabouço (*framework*) foi criado para atender às necessidades de colaboração entre empresas, reunindo todos os aspectos e grupos de temas envolvidos em quatro categorias importantes, que são tratados aqui como pilares de sustentação para a proposta. São pilares de caráter Humano, Organizacional, de Conhecimento e Tecnológico. A racionalização desses pilares visa proporcionar que humanos discutam e decidam a respeito de um problema relacionado a um dado processo organizacional, com a aplicação de um conjunto de procedimentos e métodos organizacionais, fazendo uso de informações e conhecimento disponíveis em repositórios de dados das parcerias, tudo suportado por uma agregação de ferramentas tecnológicas de comunicação e informação (I-TIC). A figura 3 ilustra a disposição desses pilares no arcabouço.

O arcabouço descreve um modelo de apoio à tomada de decisão, aplicado no tratamento de um problema, com as seguintes funcionalidades: i) um protocolo de decisão que dá apoio metodológico sistematizado ao processo decisório, guiando os parceiros e mantendo o foco no assunto; ii) uma ferramenta de discussão por meio de argumentações com moderação, que possibilita uma decisão distribuída, porém controlada para evitar confrontações; e iii) a possibilidade do uso de ferramentas de avaliação prévia de cenários

de resolução do problema, possibilitando avaliar os resultados da modificação antes que seja implementada.



Figura 3. Arcabouço para o Gerenciamento da Evolução de Empresas Virtuais.

A discussão colaborativa entre parceiros é guiada por um protocolo de decisão, baseado nos modelos de gerenciamento de projetos, e é executada através de um ambiente distribuído e colaborativo de suporte à decisão. Assim, o protocolo de decisão é um mecanismo que liga os quatro pilares de acordo com as peculiaridades do problema a ser resolvido no momento do seu surgimento (DRISSEN-SILVA; RABELO, 2009).

A seguir são descritos os principais elementos que dão suporte ao funcionamento da arquitetura do arcabouço proposto.

2.3.1. Sistemas de Suporte à Decisão por Meio de Argumentação

O modelo de discussão concebido para fazer parte do arcabouço tem o aspecto funcional de um fórum de discussão e foi baseado em dois elementos já existentes na literatura, o Sistema HERMES e o Método Delphi, que são resumidamente descritos a seguir. Esse fórum modificado em conjunção com os serviços de Chat e transferência de arquivos formam o Sistema de Suporte à Decisão Distribuída para Empresas Virtuais (SSDD-EV).

2.3.1.1. HERMES

O sistema HERMES é um sistema de apoio à tomada de decisão colaborativa por meio de argumentações, que pode ser executado na *web* e seu propósito é de auxiliar na resolução de problemas mal estruturados por um conjunto de tomadores de decisão trabalhando em conjunto como uma equipe (KARACAPILIDIS; PAPADIAS, 2001). O sistema oferece uma interface de discussão *on-line* a respeito de um ou mais assuntos específicos, onde cada participante pode sugerir alternativas para a resolução do problema ou simplesmente assinalar estar a favor ou contrário às alternativas já postas à disposição, além de poder fazer comparações entre as alternativas. Há uma associação de pesos aos posicionamentos em favor e contrários às alternativas de resolução, oferecendo então qual o posicionamento mais consensual das opiniões.

2.3.1.2. Método Delphi

O Método Delphi começou a ser disseminado na década de 1960, nos trabalhos desenvolvidos por Olaf Helmer e Noerman Dalkey da *Rand Corporation* (DALKEY; HELMER, 1963; KENGPOL; TUOMINEN, 2006). O Objetivo inicial era de oferecer uma técnica que aprimorasse a opinião de especialistas na previsão tecnológica (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000). Basicamente, se trata de um método que evita a confrontação direta entre os participantes, onde cada um responde a um questionário de forma anônima, e envia as respostas a uma pessoa que tem a responsabilidade de compilar todas as ideias em um relatório que é reenviado a todos novamente. Esse relatório compilado é analisado por todos, fazendo-os repensar suas ideias e enviar novamente para ser compilado. Essas rodadas de avaliação das ideias podem ser repetidas até que haja uma confluência nas ideias, encontrando-se um consenso com relação ao tema discutido.

2.3.2. Protocolo de Decisão

Um protocolo de decisão é uma sequência de passos que descreve as atividades que devem ser executadas em uma dada situação de um dado contexto de resolução de um problema, e é visto como um instrumento para: i) sistematizar um conjunto de ações que

exija uma forte intervenção humana, ii) padronização e iii) melhorar a eficiência da execução dessas ações (RABELO; PEREIRA-KLEN, 2002). A figura 4 mostra o protocolo de base que serve de referência para a elaboração dos protocolos específicos para cada caso de agregação entre empresas.

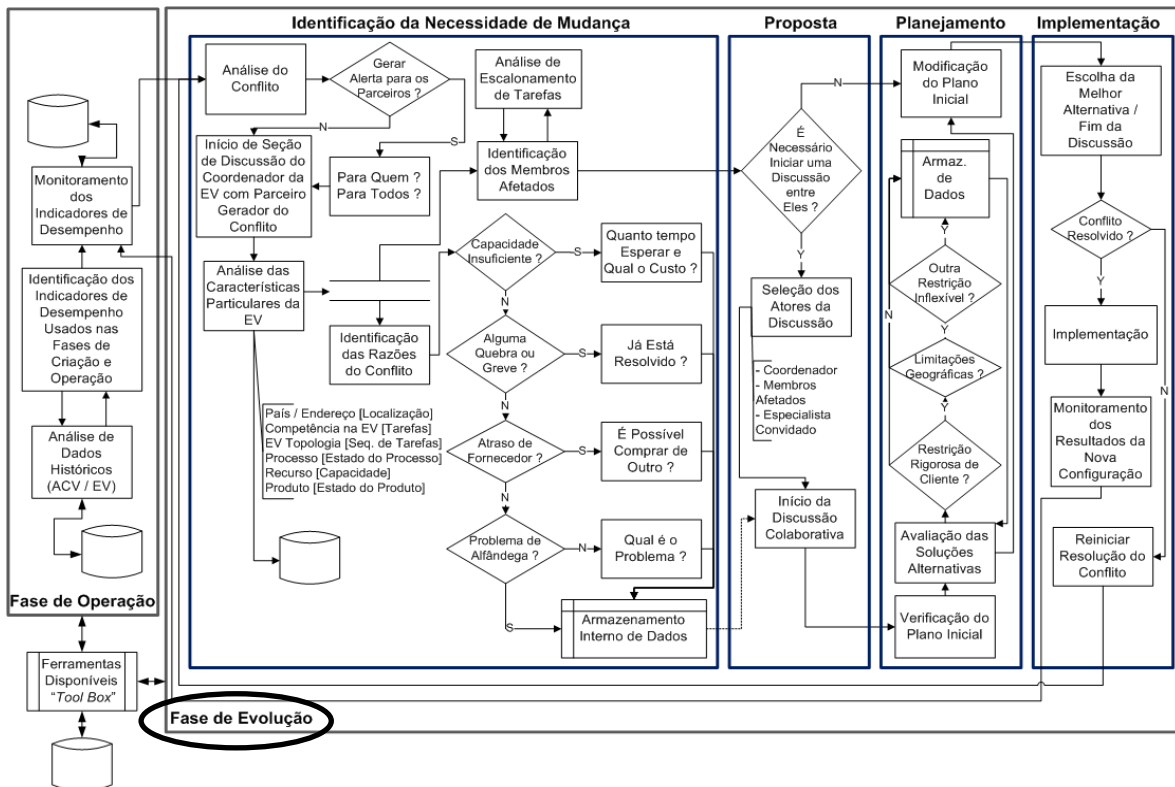


Figura 4. Protocolo de Base para o Gerenciamento da Resolução de Problemas em Parcerias Colaborativas.

Esse protocolo tem por objetivo principal ajudar os gestores no processo de tomada de decisão mostrando o que deve ser feito no momento apropriado. Está fortemente baseado no nas fases do modelo de referência de gerenciamento de mudanças da engenharia (ECM – *Engineering Change Management*) (TAVČAR; DUHOVNIK, 2005) e no modelo de suporte a decisão descrito por Henrique O’Neill (1995), porém adaptado ao contexto da necessidade de modificações sensíveis em parcerias colaborativas.

O ponto de partida para o estudo da necessidade de mudanças foi no PMBOK – *Project Management Body of Knowledge*, porém em seu capítulo que trata do gerenciamento da mudança o PMBOK fica muito a desejar no sentido de oferecer suporte à mudança necessária. O modelo ECM, por sua vez define claramente as etapas de identificação da

necessidade de mudança, proposta de mudança, planejamento da mudança e implementação da mudança, cada uma dessas etapas é também subdividida em etapas menores, que no conjunto dão forte suporte para o apoio ao planejamento e análise das alterações necessárias.

2.3.3. Ferramentas de Avaliação Prévia da Decisão

Dentre as ferramentas que compõem a caixa de ferramentas do modelo, destacam-se aquelas que podem dar um suporte prévio em relação ao cenário que poderá vir a ser aplicável no sentido de resolver o problema surgido durante a execução das tarefas associadas à parceria. As técnicas de avaliação de desempenho descritas por Raj Jain (1991) são: simulação, modelagem analítica e medição, assim assumem-se aqui dois grupos importantes de avaliação de desempenho: o de modelagem e o de medição, que são descritos a seguir.

2.3.3.1. Monitoramento e Medição de Desempenho

O aspecto de visão de desempenho se preocupa com a situação corrente de produção ou execução de tarefas para oferecer condições aos parceiros envolvidos medir sua própria performance frente aos objetivos da parceira colaborativa como um todo, podendo checar suas capacidades de operação durante o processo de execução das tarefas. Para isso podem ser usados modelos e técnicas tradicionais tais como SCOR – *Supply Chain Operation Reference* (SUPPLY; CHAIN; COUNCIL, 2005) ou OLAP – *On-Line Analytical Processing* (MOON; KIM; KNOW, 2007), bem como a definição dos mais adequados indicadores de desempenho para cada caso como proposto por Baldo, Rabelo e Vallejos (2008).

2.3.3.2. Avaliação de Desempenho por Modelagem

A avaliação de desempenho por meio de ferramentas que modelam o ambiente real, seja por simulação, modelagem analítica ou qualquer outro meio de representação do ambiente real, tem por objetivo observar o comportamento dos mais diversos cenários, antes que qualquer modificação de fato seja feita no ambiente real. A simulação de sistemas tem

sido largamente utilizada para a avaliação de cenários diversos (JOHNSSON; JOHANSSON, 2003), porém a concepção de modelos de simulação normalmente demanda um tempo relativamente grande. Os modelos analíticos podem ser aplicados em casos de busca de uma solução de otimização de desempenho.

Todos os módulos que compõem o arcabouço, tais como o protocolo de decisão, as ferramentas de apoio à decisão e de avaliação previa do impacto da decisão, são integrados mediante o uso do paradigma de Arquitetura Orientada a Serviços (SOA – *Service Oriented Architecture*) (ORDANINI; PASINI, 2008), tornando o uso de cada uma das funcionalidades oferecidas como serviços disponíveis remotamente e acessíveis pela *web*, dando maior flexibilidade ao modelo, especialmente no que se refere ao protocolo de decisão que deve se adequar às características particulares de cada parceria.

2.3.4. Infraestrutura de Tecnologia de Comunicação e Informação

As infraestruturas de tecnologia de comunicação e informação (I-TIC) têm o objetivo de dar suporte a todas as transações entre os parceiros envolvidos em uma Rede Colaborativa (RC). Na verdade, é um requisito fundamental para que as RCs existam (RABELO et al., 2008). No contexto do tratamento de problemas em parcerias e da tomada de decisão, infraestruturas seguras de TIC são responsáveis em prover todas as funcionalidades que permitem aos parceiros executar as tarefas relacionadas à resolução de conflitos surgidos, essas funcionalidades são: discussão entre os parceiros, aplicação de uma metodologia de guia da discussão (protocolo de decisão), monitoramento e medição de desempenho e avaliação de desempenho por modelagem.

Segurança é um elemento essencial para oferecer a construção da confiança necessária nas RCs. Sowa e Sniezynsky (2007) desenvolveram um arcabouço de segurança que controla o acesso à informação, de acordo com o papel de cada parceiro. Isso garante que as informações sensíveis possam ser acessadas apenas pelos parceiros autorizados.

Rabelo et al. (2008) desenvolveram uma infraestrutura integrada, baseada em serviços *web* sob demanda, destinada a atender todos os requisitos essenciais das RCs. Apesar de atualmente não estar implementada com todas as funcionalidades necessárias para suportar a discussão de problemas operacionais, está aberta a receber novas funcionalidades para tal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. RESULTADOS

3.1.1. Sistema Computacional Protótipo

O protótipo computacional desenvolvido teve como objetivo fundamental avaliar o funcionamento do arcabouço descrito pelo modelo conceitual apresentado na seção anterior. A seguir são apresentados alguns dos aspectos específicos de implementação e da tecnologia utilizada para cada um dos elementos importantes do modelo conceitual, de forma a oferecer condição mínima de execução do arcabouço proposto

3.1.1.1. Sistemas de Suporte à Decisão por Meio de Argumentação

O sistema é todo baseado em *web*, com o ambiente desenvolvido rodando dentro de um portal. A arquitetura de todo sistema segue o moderno paradigma de Arquitetura Orientada a Serviços (SVIRKAS et al., 2006). O portal usa a ferramenta Liferay (www.liferay.com), que oferece uma gama de funcionalidades para que grupos de usuários possam se comunicar via *web* podendo trocar informações, através de fórum, chat, transferência de arquivos, entre outras funcionalidades. Para implementar as ideias do sistema de suporte à decisão por meio de argumentações, com mediação de um coordenador, foi utilizada a funcionalidade do fórum do Liferay, promovendo-se alterações substanciais no código de execução, uma vez que se trata de um software de código aberto.

As modificações do fórum do Liferay buscaram aliar elementos do sistema HERMES ao Método Delphi. O Sistema HERMES oferece a possibilidade de dar sugestões para a resolução de um determinado problema, a subsequente comparação entre essas sugestões e posicionamentos a favor ou contra que se dá através de votação e comparações qualitativas.

3.1.1.2. Protocolo de Decisão

A implementação do protocolo de decisão foi feita através do ambiente de programação chamado *Netbeans* (www.netbeans.org) com uma ferramenta de modelagem

BPMN/BPEL (*Business Process Modeling Notation / Business Process Execution Language*).

O uso de BPMN (www.bpmn.org) para a implementação do protocolo de decisão dá a possibilidade de flexibilizar a elaboração/especialização de diferentes protocolos, cada um específico para cada caso de agrupamento de empresas. As ferramentas de modelagem de processo de negócio facilitam enormemente a alteração da sequência de atividades, sem necessidade de modificar o código de programação diretamente, mas sim através de um ambiente gráfico de modelagem.

3.1.1.3. Ferramentas de Avaliação Prévia da Decisão

A avaliação de desempenho prevê a eleição dos fatores mais importantes para o melhor desempenho do sistema, estabelecendo-se também possíveis níveis que esses fatores podem assumir. Em um ambiente de manufatura esses fatores podem ser máquinas e funcionários, por exemplo, e os níveis, a quantidade de cada um no sistema. O resultado da avaliação deve indicar qual fator causa maior efeito no desempenho do sistema.

Para oferecer uma ferramenta para avaliação do impacto da decisão através da avaliação de diferentes cenários, foi desenvolvido um módulo adequado aos propósitos do modelo conceitual deste trabalho, que possibilita a realização de testes de verificação e de validação das ideias de avaliação de desempenho e de reescalonamento de tarefas. Esse módulo utiliza-se de um serviço *web* que possibilita compartilhar planilhas de cálculo, e da forma como o módulo foi desenvolvido, essas planilhas compõem um conjunto de cálculos dispostos em diferentes planilhas avançadas que oferecem uma funcionalidade comparável a um painel de controle, daí o nome usual para esse tipo de ferramenta *dashboard*.

A simulação é uma poderosa ferramenta de avaliação de desempenho, porém o tempo necessário para elaboração de modelos pode ser muito grande. A ideia de usar *dashboards* para essa tarefa centra-se no fato que pode ser muito mais rápida a sua elaboração e o resultado é potencialmente aceitável, podendo também possibilitar prever o comportamento do cenário em uma situação de aumento na carga de trabalho ou demanda do sistema analisado, tal como é possível em modelos de simulação.

3.1.1.4. Base de Dados da Parceria Colaborativa

Um modelo de dados parte de pesquisas anteriores (BALDO; RABELO; VALLEJOS, 2008), foi criado para descrever todos os parâmetros de operação ACVs. Nessa base de

dados se tem informações relativas aos processos, competências, capacidades, papel do parceiro na organização, status e uma diversa quantidade de informação sobre os parceiros que fazem ou já fizeram parte do ACV. Esta base de dados estaria integrada às bases de dados corporativas de cada parceiro da EV.

Todas as informações trocadas via ferramenta de discussão colaborativa devem ser armazenadas nessa base de dados, para uma possível auditoria. Isso dá suporte a uma das premissas fundamentais das organizações virtuais, que é a transparência.

3.2. DISCUSSÃO

A proposta apresentada neste trabalho foi submetida a um processo exaustivo de testes através do protótipo computacional concebido, em um ambiente controlado. Os resultados obtidos levam à conclusão que a proposta é viável, pois reúne elementos reais que são usados nos diferentes tipos de gestão de empresas e de alianças estratégicas. Baseada em metodologia de gerenciamento de mudança de reconhecida qualidade e utilizando de tecnologia de implementação computacional de alto grau no avanço científico da realidade atual, o protótipo apresentou resultados promissores.

O arcabouço concebido reúne elementos funcionais, conceituais, tecnológicos, humanos, de conhecimento e organizacionais, cujo processo de avaliação permitiu demonstrar ser capaz de fornecer um adequado enquadramento ao ambiente de tomada de decisão descentralizada e distribuída para a evolução de EVs, e possivelmente também à fase de operação, com algumas adaptações a essa fase.

A busca por uma tomada de decisão mais participativa partiu da essência dos conceitos associados às RCOs, que ditam que o trabalho colaborativo deve preservar a autonomia e a transparência nas ações e decisões. Nesses termos, resolveu-se criar um modelo de discussão colaborativa com um certo grau de moderação. Esse novo modelo de discussão reúne ferramentas computacionais de tomada de decisão distribuída, adaptadas ao sistema HERMES e ao Método Delphi, oferecendo uma deliberação democrática e transparente.

Com o intuito de oferecer maior embasamento nas sugestões a serem dadas pelos participantes, buscou-se tornar disponíveis ferramentas computacionais, técnicas e métodos de avaliação de desempenho que pudessem dar uma visão de planejamento de capacidade futura, a fim de avaliar diferentes cenários para a resolução do problema em análise. Com isso, os participantes da discussão têm condições de avaliar previamente o impacto da

decisão a ser tomada. Sendo que a avaliação desse impacto pode ser feita isoladamente por todos os participantes do processo de resolução do conflito surgido.

O conjunto do protocolo de decisão, com o uso de ferramentas de discussão colaborativa, associados à avaliação de cenários alternativos e ao conhecimento disponível em repositórios de dados, é o arcabouço conceitual proposto, operacionalizado pelo elemento humano para a busca de uma decisão democrática, transparente, descentralizada, geograficamente distribuída, sistematizada, moderada e previamente avaliada.

4. CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta um modelo de decisão que dá suporte à discussão colaborativa e distribuída entre membros de agrupamentos estratégicos de empresas, no sentido de oferecer apoio metodológico sistematizado, com avaliação prévia da decisão, em um ambiente de discussão por argumentações com moderação, aplicado para tornar mais adequadas e embasadas as decisões, considerando a autonomia dos parceiros. É utilizado para a resolução de problemas ocorridos durante a execução das tarefas operacionais de Empresas Virtuais.

Esse modelo de decisão é descrito por um arcabouço essencialmente composto de um protocolo de decisão, de um sistema de suporte à decisão colaborativa, e de ferramentas de análise prévia da decisão, tudo suportado por uma infraestrutura de tecnologia de comunicação e informação. Foi desenvolvido para cobrir os requisitos de colaboração, especialmente no que se refere à autonomia e transparência na decisão.

Fortemente embasado em metodologias de gerenciamento de projetos, as discussões são guiadas e assistidas pelo sistema, oferecendo o compartilhamento da experiência e do conhecimento dos participantes, procurando encontrar uma solução adequada e aplicável a um dado problema.

Um protótipo computacional foi desenvolvido para avaliação do modelo conceitual, sendo que os resultados obtidos em testes demonstram que o modelo conceitual tem um funcionamento que atende aos requisitos, oferecendo três serviços (funcionalidades) principais que compõem o modelo de decisão do ponto de vista computacional.

A ferramenta de discussão colaborativa por meio de argumentações, com mediação de um coordenador, visa evitar qualquer tipo de confrontação direta entre os participantes,

no sentido de evitar que o foco no assunto seja desviado. Esse sistema de argumentações possibilita que os participantes disponham suas posições a favor ou contra determinada sugestão, além de poder fazer comparações entre elas, possibilitando ao final encontrar, por uma soma de votos e pesos sobre as comparações, qual das sugestões é a mais aceitável dentre o consenso dos participantes. Isso garante que a solução possa emergir da colaboração e da confiança entre os parceiros.

O protocolo de decisão, que guia as os participantes durante o processo de resolução do problema surgido, foi implementado através da tecnologia de *Business Process Management*, mediante ferramenta de modelagem de processos de negócio (BPMN/BPEL). O uso de BPMN facilita a flexibilização do protocolo, que pode ser adequado para cada caso de agregação entre empresas, uma vez que nunca uma parceria é igual à outra. O protocolo passou por uma sequência exaustiva de testes, e veio reforçar a visão de que tem um grande impacto no resultado do objetivo central deste trabalho, que é oferecer suporte semi-automatizado de apoio à tomada de decisão em parcerias colaborativas.

Nos estudos evidenciou-se a como pontos importantes para o sucesso da EV:

- (a) um grau razoável de confiança entre os parceiros;
- (b) de níveis adequados de infraestrutura computacional;
- (c) de compartilhamento de visão organização (trabalho em rede e colaborativo);
- (d) aceite dos procedimentos operacionais a serem seguidos quando da ocorrência de problemas;
- (e) necessidade de treinamento adequado dos gestores das empresas sobre gestão de EVs.

Num ambiente controlado de testes aplicando-se algumas situações de problemas em EVs e com vários usuários usando o ambiente em uma rede local, o protótipo desenvolvido mostrou-se efetivo no reescalonamento de tarefas, como alternativa de solução do problema. Em especial no tocante a prazos de finalização de tarefas, uma vez que possibilita reavaliar as capacidades de produção, no sentido de evidenciar alguns gargalos que eventualmente não possam ser transpostos sem a inserção de um novo recurso que aumente a capacidade de execução de uma determinada tarefa.

A avaliação do trabalho consistiu em um conjunto de procedimentos capazes de oferecer condições de proferir a conclusão geral da pesquisa: que *um protocolo de decisão*

sistematizado, flexível e adaptável, integrado com ferramentas de análise de cenários e de discussão colaborativa, melhora a qualidade e confiança na decisão sobre um problema numa EV.

5. REFERÊNCIAS

AFSARMANESH, H.; CAMARINHA-MATOS, L. M. A framework for management of virtual organization breeding environments. **6th IFIP working conference on virtual enterprises**, Valencia, Spain, 2005.

ALLEMAN, G. **Agile Project Management**. Disponível em: <http://herdingcats.typepad.com/my_weblog/2006/02/agile_project_m.html>. Acesso em: 26/11/2007.

BALDO, F.; RABELO, R. J.; VALLEJOS, R. V. **Modeling Performance Indicator' Selection Process for VO Partners' Suggestions**. In: AZEVEDO, A. Innovation in Manufacturing Networks. Springer, 2008.

CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H. The Virtual Enterprises Concept. In: CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H. **Infrastructures for Virtual Enterprises: Networking Industrial Enterprises**, Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers, 1999.

CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H. **Collaborative Networked Organizations – A Research Agenda for Emerging Business Models**. United States: Kluwer Academic Publishers, 2004.

CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H.; OLLUS, M. ECOLEAD: A Holistic Approach to Creation and Management of Dynamic Virtual Organizations, in **Collaborative Networks and Their Breeding Environments**, New York: Springer, 2005.

CÂNDIDO, A. P.; VIANNA, C. T.; GAUTHIER, F. O.; ARADAS, A. R. P.; KOSLOSKY, M. A. N. Proposta de Modelo para Avaliação e Supervisão de Gestão de Inovação Tecnológica em Pequenas e Médias Organizações, **Revista Venezuelana de Gestión Tecnológica**, v. 36, n. 20, p. 8-27, 2015.

DALKEY, N. C.; HELMER, O. An Experimental Application of the Delphi method to the case of experts, **Management Science**, v. 9, p. 458-467, 1963.

DRISSEN-SILVA, M. V.; RABELO, R. J. A Collaborative Decision Support Framework for Managing the Evolution of Virtual Enterprises, **International Journal of Production Research**, v. 47, n. 17, p. 4833-4854, 2009.

JAIN, R. **The Art of Computer Systems Performance Analysis: Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation and Modeling**, New York: John Wiley & Sons, Inc, 1991.

JOHANSSON, J.; JOHANSSON, B. Discrete Event Simulation in a Virtual Enterprise Environment: a Case Study of Multiple Developers, **15th European Simulation Symposium and Exhibition**, Delft, the Netherlands, 2003.

- KARACAPILIDIS, N.; PAPADIAS, D. Computer Supported Argumentation and Collaborative Decision Making: The HERMES System, **Information Systems**, v. 26, n. 4, p. 259-277, 2001.
- KENGPOL, A.; TUOMINEN, M. A Framework for Group Decision Support Systems: An application in the Evaluation of Information Technology for Logistics Firms, **International Journal of Production Economics**, v. 101, n. 1, p. 159-171, 2006.
- LEITE, M. M. **Pressupostos para Implantação de Estratégias de Relacionamento com os Clientes em Pequenas e Médias Organizações: uma Abordagem baseada em Gerenciamento de Projetos**. (Tese) Doutorado em Engenharia de Produção – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2004.
- MOON, S. W.; KIM, J. S.; KWON, K. N. Effective of OLAP-based Cost Data Management in Construction Cost Estimate, **Automation in Construction**, v. 16, n. 3, p. 336-344, 2007.
- O'NEILL, H. **Decision Support in the Extended Enterprise**. (Tese) Ph.D. - Cranfield University, The CIM Institute, 1995.
- ORDANINI, A.; PASINI, P. Service Co-production and value co-creation: The case for a Service Oriented Architecture (SOA), **European Management Journal**, v. 26, n. 5, p. 289-297, 2008.
- PHILLIPS-WREN, G. E.; FORGIONNE, G. A. Aided Search Strategy Enable by Decision Support, **Information Processing and Management**, v. 42, n. 2, p. 503-518, 2001.
- PMBOK. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge**. Project Management Institute Standards Committee, 2004.
- RABELO, R. J.; PEREIRA-KLEN, A. A. **A Multi-agent System for Smart Co-ordination of Dynamic Supply Chains**. In CAMARINHA-MATOS L.M. Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises. PRO-VE 2002. IFIP — The International Federation for Information Processing, vol 85. Springer, Boston, MA, 2002.
- RABELO, R. J.; PEREIRA-KLEN, A. A.; KLEN, E. R. Effective Management of Dynamic Supply Chains, **International Journal of Networking and Virtual Organizations**, v. 2, n. 3, p. 193-208, 2004.
- RABELO, R. J.; CASTRO, M. R.; CONCONI, A.; SESANA, M. **The ECOLEAD Plug & Play Collaborative Business Infrastructure**. In: CAMARINHA-MATOS, L. M.; AFSARMANESH, H.; OLLUS, M. Methods and Tools for Collaborative Networked Organizations, Springer, 2008.
- ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos – Uma Referência para a melhoria do Processo**. - 1ª edição - São Paulo: Saraiva, 2006.
- SOWA, G.; SNIĘZYNSKI, T. Configurable Multi-Level Security Architecture for CNOs. **Tech. Report Deliverable D64.1b**, 2007.
- SUPPLY_CHAIN_COUNCIL, **Supply Chain Operations Reference Model – SCORVersion 7.0, Overview**, 2005.
- SVIRSKAS, A.; IGNATIADIS, I.; ROBERTS, B.; WILSON, M. Virtual Organization Management Using Web Service Choreography and Software Agents. In: **Proceedings PRO-VE' 2006**, 2006.

TAVČAR, J.; DUHOVNIK, J. Engineering Change Management in Individual and Mass Production, **Robotics and Computer-Integrated Manuf**, v. 21, n. 3, p. 205-215, 2005.

TURBAN, E.; ARONSON, J. **Decision Support Systems and Intelligent Systems**. Upper Saddle River, NJ: A Simon & Schuster Company, 1998.

ULBRICH, S.; TROITZSCH, H.; ANKER, F.; PLÜSS, A.; HUBER, C. Collaborative Capability of Teams in Network Organizations, in Proceedings **PRO-VE' 2009**, Leveraging Knowledge for Innovation in Collaborative Networks, Heidelberg: Springer, 2009.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. **Delphi – Uma Ferramenta de Apoio ao Planejamento Prospectivo**, Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo - 2ºtrim, n.01, n.12, 2000.

WULF, V.; PIPEK, V.; WON, M. Component-based Tailorability: Enabling Highly Flexible Software Applications, **Int. Journal Human-Computer Studies**, v. 66, n. 1, p. 1-22, 2008.

A PRESERVAÇÃO DA IDENTIDADE CULTURAL DA COMUNIDADE DO CAJUEIRO: CONFLITOS COMO ESTRATÉGIA PARA GARANTIA DE TERRITÓRIO

Alexandre Moura Lima Neto¹, Alessandra Anchieta Moreira Lima de Aguiar² e
Klisman Lucas de Sousa Castro¹

1. Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Programa de Pós-Graduação em Cultura e Sociedade (PGCult). São Luís, Maranhão, Brasil;

2. Universidade CEUMA. Programa de Pós-graduação (Mestrado) em Meio Ambiente (MMA). São Luís, Maranhão, Brasil.

RESUMO

Este trabalho discute a importância da preservação da Identidade Cultural, relacionando este elemento aos conflitos existentes entre a Comunidade do Cajueiro e empresas de setores portuários em São Luís, Maranhão, motivados pela implementação de um Porto Privado, na Comunidade do Cajueiro. O estudo, baseando-se na bibliografia de Hall (2005, 2011), Derrida (2001), Bhabha (2005), Bauman (2009), Santos (1999, 2003), Acselrad (2010), entre outros, desenvolveu reflexões acerca dos conflitos entre partes extremas, que de um lado objetivam fins lucrativos, sem considerar que do outro lado o território alvo de seus empreendimentos é habitado por uma Comunidade com memórias, tradições e culturas específicas. Inferiu-se que o conflito tem sido muito mais difícil para as partes que detêm menores relações de poder político e financeiro, todavia, ao longo destes embates, os populares que compõem a comunidade têm desenvolvido estratégias, para enfrentamento e permanência no território.

Palavras-chave: Identidade cultural, Comunidade do Cajueiro e Conflito.

ABSTRACT

This work discusses the importance of preserving the Cultural Identity, relating this element to the conflicts between the Comunidade do Cajueiro and port sector companies in São Luís, Maranhão, motivated by the implementation of a Private Port in the Comunidade do Cajueiro. The study, based on the bibliography by Hall (2005, 2011), Derrida (2001), Bhabha (2005), Bauman (2009), Santos (1999, 2003), Acselrad (2010), among others, developed reflections on conflicts between extreme parts, which on the one hand aim at profit, without considering that, on the other hand, the target territory of its projects is inhabited by a Community with specific memories, traditions and cultures. It was inferred that the conflict has been much more difficult for the parties that have lesser political and financial power relations, however,

throughout these clashes, the people who make up the community have developed strategies to confront and remain in the territory.

Keywords: Cultural identity, Cajueiro Community and Conflict.

1. INTRODUÇÃO

O caso da Comunidade Cajueiro é discutido neste trabalho por ser uma comunidade rural nas proximidades do Centro de São Luís – MA, e com relevância na questão cultural da Capital e do Estado do Maranhão. Elencamos, ainda, um breve percurso histórico de como a chegada de grandes empreendimentos, no Estado do Maranhão, afetaram e afetam Comunidades que se situam próximos às suas instalações. O objetivo deste estudo é discutir a relevância da Identidade Cultural dos povos que habitam comunidades tradicionais, percorrendo como estes elementos se constituem em estratégias de lutas, para permanência no território onde vivem há muitos anos.

Chama-se a atenção para o fato que, mesmo com muitas pesquisas percorrendo sobre a questão e os veículos de comunicação dando grande destaque à problemática, que estes conflitos perduram, ao longo de anos, com ações latentes de violência e ameaças, trazendo em seu bojo, um poderoso discurso de desenvolvimento econômico para o Estado. No foco desse conflito com a instalação de um Porto Privado, sendo gerido por grandes acionárias, entre elas uma internacional chinesa e a WPR, do grupo Wtorre, que têm persistido na locomoção da comunidade do espaço territorial do Cajueiro, núcleo rural localizado em São Luís, Maranhão.

Estruturou-se este trabalho a partir de revisão de literatura, tendo como base autores que versam sobre a modernização dos espaços urbanos, mais especificadamente, daqueles situados em São Luís, tais como Ribeiro Júnior (2001); conflitos na Comunidade do Cajueiro, a citar-se, Santos e Sant'Ana Júnior (2017), Sbrana (2019), Arcangeli (2018); no tocante aos conflitos territoriais, considerou-se como imprescindíveis, os preceitos de Acselrad (2010) e Santos (1999, 2003); e os aspectos de Identidade Cultural baseados em Hall (2005, 2011), Derrida (2001), Bhabha (2005), Bauman (2009), entre outros, que contribuíram na discussão, ao longo do trabalho.

Os resultados mostram que a comunidade resiste não só pelas suas casas e espaço físico, mas por suas memórias e tradições, que evidenciam o quanto o lugar sagrado é importante para seu povo. O Terreiro do Egito foi reconhecido, recentemente, como

Patrimônio Cultural e Imaterial do Maranhão passando a ser instrumento de luta pelo território e mais um elemento na resistência pela salvaguarda da memória e identidade daquela Comunidade Tradicional. Sendo assim, ratifica-se, neste estudo, a relevância da Identidade Cultural para a Comunidade, a urgência de se repensar políticas públicas para partes vulneráveis em processos, nos quais os interesses econômicos são acolhidos por relações políticas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. IDENTIDADE CULTURAL

Um dos pontos de discussão central sobre identidade, segundo destaca Woodward (2005), concentra-se, dentre outras coisas, na inquietude entre essencialismo e não essencialismo. Alguns pontos essencialistas se fundamentam na história e na biologia. Neste primeiro, a identidade é definida por certas manifestações de ideologias e movimentos políticos. Alguns grupos religiosos e étnicos, por exemplo, “frequentemente reivindicam uma cultura ou uma história comum, como fundamento de sua identidade” (Ibid, p.15). E com base em elementos biológicos, estes se relacionam às proximidades da maternidade, ou seja, semelhanças de traços e corpos familiares, assim como, de usos e costumes que lhes dão uma feição única, mas, ao mesmo tempo comum ao grupo, enquanto resultante de aspectos sociais.

Nessa busca de conceituação de identidade, indiscutivelmente, há de se admitir, que no mínimo, esta se constitui uma definição multifacetada, fazendo emergir alguns questionamentos, a saber: a que esta identidade está vinculada? Ela é unificada? Que marcações simbólicas lhes dão sentido? Pensa-se, a partir de tais indagações, que um ponto essencial norteador, para tal definição, ponto este apontado por Hall (2006), pode ser o fato de que seja necessário examinar as temporalidades nas quais os sujeitos estejam inseridos.

Ou seja, a temporalidade diz respeito, segundo Heidegger (2005) ao sentido do ser, sendo este responsável por sua formação, que se dá em um determinado espaço temporal, ao mesmo tempo em que liga presente, passado e futuro. Nesta acepção, a identidade é constituída de forma contínua, o que faz com que o ser acabe por estar sempre inacabado; em processo contínuo de reconstrução.

Ferreira, Filho e Silva (2012) afirmam que “o que é dito relaciona-se com o lugar social onde se situam locutores e interlocutores, o que conduz ao conceito de identidade, em uma concepção sociológica”, e essa identidade preenche espaços entre o que vem a ser o mundo pessoal e o mundo público, ou seja, ao “interior” e “exterior” (Hall, 2006). Assim, propondo três concepções, o autor discorre sobre o sujeito do iluminismo, quer seja, a identidade centrada ou ancorada a tradições de determinadas épocas; demarca também, o sujeito sociológico, tendo este como um indivíduo de identidade não autônoma, ou seja, que depende das relações com o outro e em sua terceira concepção, apresenta a identidade na pós-modernidade: instável, mutável e em processo de reconstrução. Como mencionado, Bauman (2009) chama de identidade líquida, isto é, uma identidade que possui um viés com a necessidade de aceitação, ou seja, no afã de se ver integrado socialmente, o sujeito busca, continuamente, se adaptar ao meio em que vive, modificando-se.

Derrida denomina de identificação, ao invés de identidade “não a identidade, justamente. Uma identidade nunca é dada, recebida ou alcançada, não, apenas existe o processo interminável, indefinidamente fantasmático, da identificação” (DERRIDA, 2001). Tendo em consideração que as construções identitárias se constituem sucessivamente, são processos inacabados, incompletos, em construção e que não podem, simplesmente, serem descritos ou determinados em sua plenitude. Recorrer ao conceito identidade e identificação, à luz do que nos é apresentado por Derrida, poderia pressupor algo pronto, contínuo e estável, o que se torna problemático e se desconstrói a partir do momento em que percebemos a estreita relação entre as dinâmicas sociais, a história e os processos que nos definem enquanto sujeitos:

(...) porque, o que quer que ele queira ou faça, não pode estabelecer com ela relações de propriedade ou de identidade naturais, nacionais, congênitas, ontológicas; porque ele não pode propagar e dizer essa apropriação a não ser no decurso de um processo não-natural de construções político-fantasmáticas; porque a língua não é seu bem natural, por isso mesmo ele pode historicamente, através do ato violentador [*le viol*] de uma usurpação cultural, ou seja, sempre de natureza colonial, fingir apropriar-se dela para impô-la como ‘a sua’ (DERRIDA, 2001, p. 44, grifo do autor).

Essa definição, um tanto quanto paradoxal de Derrida, exposta por Duque-Estrada (2002) apresenta a identidade sob uma visão de que não pode ser pensada, somente remetendo ao passado, mas, tampouco, pode ser definida sem certas questões que por lá ficaram. Nessa lógica, poderiam ser explicados costumes atuais, com traços predominantemente oriundos de ancestralidade e peculiaridades de outras épocas. Logo,

pode-se compreender que identidade não se define sob a óptica de um só pensamento, nem só por um único espaço de tempo e, segundo afirma Mendes (2012), não se mantém sem vincular-se a outros elementos a elas interligados, a exemplo dos aspectos culturais.

Nesse sentido, tendo em vista que identidade está intrinsecamente ligada à cultura, Hall (2011) focaliza, em um de seus estudos o sentido do termo “identidade cultural” como o fenômeno de tradições e representações simbólicas, fixada ao nascimento do indivíduo, mas que também perpassa por (re)construções.

À luz dessas considerações, Santos (2003), e Hall (2011) coadunam com a concepção de que identidade cultural, em contato com a globalização, outros grupos e diferentes povos, produzem novos conhecimentos. Assim sendo, algumas culturas predominam sob as outras, implicando, às vezes, em mudanças dos espaços e na perda da identidade, tanto num plano coletivo, como no individual.

Nesse contexto, segundo Bhabha (2005), há um “entre lugar” no qual as identidades culturais, nas sociedades, sobretudo as pós-colonialistas, reivindicam, se reafirmam, contestam e resistem, sendo este um dos elementos dispostos neste trabalho. A comunidade do Cajueiro, enquanto comunidade tradicional, no meio de instalações econômicas grandiosas e articulações de relações de poderio político, tem se manifestado contrária aos empreendimentos em suas terras, demarcando-as enquanto poderosas ferramentas de identidade cultural e herança de seus ancestrais.

Nesta acepção, cabe considerar a ancestralidade no sentido de caracteres pertencentes ao passado, que a coloca como hábitos e costumes que se perpetuam, ao longo do tempo, por meio do repasse de pai para filho; ou seja, ao mesmo tempo em que demarca e caracteriza uma determinada comunidade ou grupo, tal ancestralidade passa a ter o poder de preservação de costumes e da própria cultura, resistindo às modificações que lhes são impingidas por sujeitos de outros espaços e que, geralmente, tentam se infiltrar nos grupos ou comunidades com o objetivo de modificá-los, inserindo nestes, costumes que não lhes são próprios, para dominá-los e se apropriar daquilo que lhes interessa. Tal interesse pode ser um bem material ou mesmo cultural e, no caso em tela, se trata de tomar posse do território do Cajueiro, cuja resultante vai para além da perda da propriedade, mas de tudo que a ela subjaz, como por exemplo, os usos, costumes que, certamente, se perderão com a apropriação do território.

Assim sendo, à guisa de responder a algumas indagações que iniciam este texto, pode-se dizer que a identidade possui um viés com a própria vida; com a forma com que os sujeitos constroem a si e ao mundo que os cerca, por meio do diálogo com o outro e consigo

mesmo. Ao mesmo tempo, a identidade não pode ser concebida como unificada, visto que esta não é consolidada, tampouco resultante de uma combinação entre distintos sujeitos; pode-se falar em identidades em seu sentido plural, considerando as diversidades e os múltiplos indivíduos, que a partir de construtos ainda que coletivos, porque sua base se dá a partir do grupo.

Partindo, pois, destas colocações, e como será observado, no decorrer deste estudo, em um cenário, marcadamente conflituoso, o capital é um agente altamente influenciador na transformação destes espaços, acentuando-se com os ritmos acelerados da globalização, que promove efeitos destrutivos às formas de vida com as quais se aproxima. Neste aspecto, Pinho e Palhares (2006), afirmam que a identidade exerce um papel frente a estes conflitos, papel este de reação, ou seja, se coloca como resposta às tentativas de efetivação dos interesses dos empresários. Nessa direção, a Comunidade do Cajueiro, buscou, a partir de sua história, preservar a identidade cultural, sobretudo os aspectos do Terreiro do Egito, o que discutir-se-á mais à frente, focalizando sobre sua permanência na área de disputa, aqui já mencionada.

2.1.1. Território não é só terra, cajueiro não é só chão: conflitos como estratégia de preservação da identidade cultural

A comunidade do cajueiro, zona rural de São Luís, encontra-se próximo a outras pequenas comunidades que mantêm formas de viver, com características diferentes da área metropolitana do Estado. O agrupamento conhecido também como Sítio do Cajueiro abrange povoamentos de área extrativistas, pesqueira e atividades de criação de animais, segundo afirma Melo et al, (2019). Mas em meio ao rico ambiente natural de ecossistemas marinhos e agricultura, bem como das demais fontes de subsistência para as famílias da área, esta Comunidade vem sofrendo algumas transformações profundas, relacionadas à chegada de empreendimentos na região, conforme apontam Santos e Sant'Ana Júnior (2017).

Sob este aspecto, Ribeiro Junior (2001), em seu estudo de transformação do espaço urbano de São Luís, destaca que a Cidade nasceu e perpassou por transformações, baseadas na ascendência capitalista do Estado; as construções urbanas e transações comerciais que por aqui proporcionaram progresso, em determinadas épocas, historicamente condicionaram-se ao movimento do capital, quem nem sempre correspondeu aos interesses da maioria da população e que em meio ao crescimento substancial da

economia, se mantiveram e ainda se mantém, estagnados, longe da tão falada prosperidade em solo maranhense.

No que se refere aos grandes empreendimentos econômicos, instalados no Estado, estes vêm desde a década de 1970, segundo Santos e Sant'Ana Júnior (2017) afetando diretamente os moradores de áreas próximas. As primeiras empresas, que por aqui se instalaram, a Alumínios do Maranhão (ALUMAR, do grupo da transnacional ALCOA) e Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), impactaram fortemente a área Itaqui Bacanga, que viu o progresso de organizações empresariais de perto ascender e suas vidas se transformarem, sobretudo pelos impactos ambientais e sociais, como destacam, Carvalho e Cidade (2014):

Além de efeitos sobre o quadro natural, a implantação da usina ocasionou impactos sociais particularmente negativos, afetando a acessibilidade e desarticulando a subsistência de moradores locais tradicionalmente estabelecidos nas cercanias do terreno das usinas (CARVALHO; CIDADE, 2014, p. 119).

Sobre a questão, Acselrad (2010) ressalta que os conflitos nestes espaços são, para cada agente, estrategicamente desenvolvidos de maneira diversa. As empresas com sua influência capitalista recorrem aos trâmites jurídicos e as relações políticas. Já para a parte com menos relações de poder e capital, as manifestações e reivindicações populares constituem-se importantes ferramentas de luta. Verifica-se, assim, um embate onde à primeira vista não há vencedores ou vencidos, pois não se chegou até o momento a um resultado, onde um ou outro seja considerado vencedor. Contudo, há que se registrar, que no que se refere as demandas judiciais advindas da implementação do Porto São Luís a Justiça Maranhense, na sua maioria, tendo dado ganho de causa ao conglomerado de empresas responsável pela nova malha portuária no Maranhão.

Todavia, o conflito é notoriamente desigual, pois, conforme evidencia Cohn (1999), estas relações de embates entre seguimentos sociais constituem-se a partir de diretrizes e prioridades ditadas por órgãos governamentais. Partes essas que dizem respeito à influência do capital, que resultam muitas vezes em um processo favorável aos empreendimentos comerciais, em detrimento dos menos privilegiados economicamente.

Nesse sentido, no tocante ao complexo portuário do Estado do Maranhão, principal motivo do conflito instaurado na Comunidade do Cajueiro, que está desde 2014 visando expansão, com a implementação de um Porto Privado, as organizações portuárias vêm

articulando estratégias, nem sempre tão pacíficas, com a Comunidade do Cajueiro, transformando completamente o modo de viver destes sujeitos.

O empreendimento conta com grandes participações acionárias de empresas internacionais, entre estas, a China Communications Construction Company (CCCC) e a WPR, do grupo Wtorre LTDA, segundo Melo et al. (2019). Para alcance de seus objetivos financeiros, a WPR, responsável em gerir a implementação do Porto privado, de posse de um documento que a legitima enquanto proprietária de parte do território do Cajueiro, iniciou algumas visitas à comunidade, exigindo a saída das terras e promovendo ações intimidadoras, como observa-se em:

Á sombra desses ditames econômicos, a presença de seguranças armados no local, inibindo moradores, a derrubada de casas por tratores, a constante movimentação de máquinas pesadas e a coação de representantes da empresa WPR fez com que o líder comunitário do cajueiro, acionasse o grupo GEDMMA (Grupo de Estudos: Desenvolvimento Modernidade e Meio Ambiente da UFMA) à procura de apoio para a reunião que aconteceria na residência da presidente do Clube das Mães do Cajueiro, em 30 de julho de 2014 (MOREIRA, 2015, p. 32).

Torna-se pertinente destacar que, segundo Pedro (2017), a Comunidade do Cajueiro já possuía, reconhecidamente em cartório, a posse das terras que habitavam desde 2002. A área foi legitimada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, assim como pelo Centro Nacional de Desenvolvimento Sustentável das Populações Tradicionais, como área de conservação ambiental, em especial pelas atividades extrativistas e pelo ecossistema marinho, pelas quais caracterizam o modo de vida dos habitantes locais.

Diante destes aparatos legais, que asseguram a preservação do território do Cajueiro, a Comunidade armou-se estrategicamente contra as empresas, manifestando-se em diversos atos públicos, chamando, assim, a atenção das mídias de jornais impressos, virtuais e canais comunicacionais televisivos, para o conflito. Como observado na reportagem do G1, a seguir:

Moradores da comunidade Cajueiro, nas proximidades da Vila Maranhão, em São Luís, bloquearam nesta terça-feira (23) os dois sentidos da BR-135, em protesto por uma ação de reintegração de posse que aconteceu na última quinta-feira (18). De acordo com os moradores, 19 casas foram derrubadas de forma ilegal. No fim da manhã, após uma longa negociação com uma equipe da Polícia Militar e a Polícia Rodoviária Federal, os manifestantes decidiram liberar toda a rodovia. O trânsito no local ainda continua lento. O presidente da Associação de Moradores do Cajueiro, Davi de Jesus Sá, afirmou em entrevista à rádio Mirante AM, que a empresa WPR foi a responsável pela retirada das moradias. 'O motivo do protesto é que nossas

casas que foram derrubadas. Essa empresa vem fazendo tumulto em nossa comunidade. Nós estamos querendo que as autoridades olhem para nós, venham ver a nossa situação. Tinham duas crianças na casa que eles derrubaram; os pais nem estavam no local, é muito chocante' (REPORTAGEM DO G1 MARANHÃO EM DEZEMBRO DE 2014)

Verifica-se que a despeito de aparentemente estar em uma posição desprivilegiada, dada a sua situação econômica e mesmo social, a Comunidade do Cajueiro não se mostra esvaecida em suas forças; ao contrário, quanto mais o lado que a ela se opõe e que faz questão de demonstrar, principalmente seu poderio econômico, mas a Comunidade se posiciona e se prepara para o enfrentamento, buscando estratégias para chamar a atenção para si e para a problemática enfrentada, como por exemplo, a interdição de um trecho da BR-135.

A alternativa, ainda que prejudicial a um coletivo onde muitos não se encontram em um dos polos do conflito, ou seja, nem são moradores da comunidade e, tampouco representam a empresa, que ocupa o espaço onde outrora os habitantes viviam de forma pacífica, sem precisar lutar por espaço e memória; com isso, acaba por ter adeptos que passam a conhecer o problema, se posicionando a defender uma causa que já não é somente dos moradores do Cajueiro, mas de grupos de pessoas que com a comunidade se identificam.

Assim sendo, diante de propósito econômico tão grandioso, as partes interessadas na implementação do Porto São Luís, reagiram às ações dos populares. Segundo Melo et al, (2019), a WPR obteve autorização da secretaria de Meio Ambiente do Estado do Maranhão (SEMA) para explorar a área. Desmatou babaçuais, que eram fontes de vida dos populares locais, mesmo a prática sendo proibida, por meio da Lei Estadual nº 4.734/86. Nesta acepção, é pertinente refletir acerca das concepções de Acselrad (2010), quando este expressa que os conflitos ambientais tornam a parte com maior relação de poder capital muito mais atuante devido às relações políticas, o que se ratifica pelo fato de que mesmo sendo proibida a devastação de área de babaçu, a empresa conseguiu documentação legal para tal ação.

As questões ambientais que se discutem aqui, não por ser fonte de subsistência da Comunidade, mas por estas comporem a identidade cultural destes sujeitos, bem como demarca Santos (2018) ao discorrer que pescar não é só um ato para a alimentação, refere-se, também, à identidade coletiva deste povo, a forma como estes profissionais se mobilizam, as técnicas e organizações ao dividir o que fora pescado no dia, o que se constitui

tradições perpetuadas por gerações, daí, pode-se entender a relevância da resistência e da autoafirmação, enquanto comunidade rural, pesqueira e tradicional.

Torna-se primordial a reflexão acerca de que o território não é só terra, poeira; trata-se, também, de um conjunto de elementos naturais, que precisa ser entendido como ele é utilizado, e não o território em si. Não é só chão. É identidade, sentimento de pertencer àquele lugar onde reside; onde houve risos, choros, onde viveram seus ancestrais, suas trocas espirituais, conforme aponta, quase que poeticamente Santos (1999). A identidade cultural, diante do cenário conflituoso na Comunidade do Cajueiro, é reafirmação de que, Cajueiro não é rota de escoamento; e que, em meio à presença do trator, em vez de redes e barcas de pescaria, ainda assim, a identidade não se metamorfoseia de repente pelo querer das representações empresariais.

Um cenário com tratores e máquinas, com obras em andamento é para WPR, CCCC e outros acionistas do Porto Privado, lucros à vista, mas esse mesmo cenário constitui-se local de defesa anticolonialista, no qual as identidades resistem, ainda que em minoria, fazendo o que Bhabha (2005), denomina de confrontar o colonizador.

2.2. UM TERREIRO SAGRADO: INSTRUMENTO DE LUTA E PRESERVAÇÃO DA IDENTIDADE CULTURAL

Um dos pontos mais relevantes e que se tornou estratégia de defesa, utilizada no conflito inerente à Comunidade do Cajueiro, é a questão da identidade cultural e preservação do sagrado. Desta forma, discutir-se-á, a temática nesta seção, pois demanda que de forma mais minuciosa seja exposta: o Terreiro do Egito. Esta localidade, como já pontuada, é um dos núcleos que compõe o sítio do Cajueiro e trata-se de uma espacialidade sagrada, reconhecida com Patrimônio Cultural e Imaterial do Maranhão. Para tanto, é pertinente descrever o percurso de tais questões nesta conjuntura, desde a chegada do maquinário da WPR na área da Comunidade, até a tentativa de derrubar tudo pela frente, inclusive a identidade cultural do povo que habita o Cajueiro.

Além do já mencionado conjunto de ecossistemas e recursos naturais da área, protegidos pelos órgãos ambientais, foi confirmado no território alguns fragmentos, considerados por laudo preliminar como vestígios da ocupação de grupos pré-coloniais, assim, conforme afirma Arcangeli (2018), constatou-se a existência de seis sítios arqueológicos na Comunidade do Cajueiro, um destes no Terreiro do Egito. Mas antes mesmo de qualquer laudo investigado por órgãos de pesquisas, a história, de que ali

habitaram povos tradicionais, já vinha sendo contada por antigos moradores da área, como bem discorre o relatório do GEDMMA (2014):

As ruínas do antigo Terreiro do Egito estão localizadas no território de Cajueiro, encravado numa elevação próxima ao Porto do Itaqui. Nos dias de festa, segundo relatos coletados, avistava-se o navio encantado do Rei Dom João. Segundo Pai Euclides, era chamado de Ilê Niame e teria sido fundado pela negra africana Basília Sofia, cujo nome privado era Massinocô Alapong, vinda de Cumassi, na Costa do Ouro – atual Gana. Ela teria chegado ao Maranhão em 1864 e falecido em 1911 (GEDMMA, 2014, p. 5).

Tais memórias, materializadas em relatos orais, narrados por moradores da Comunidade do Cajueiro, evocam a encantaria que permeia o povo maranhense, em ritos presentes nas religiões de matrizes afro-brasileiras. A alusão ao navio encantado do Rei Dom João se faz presente nos relatos e, também, nas doutrinas (cânticos entoados nos cultos religiosos). Ao evocar expoentes da religião, como por exemplo, o Pai Euclides, babalaorixá (sacerdote principal, pai de santo, líder ou chefe do terreiro, chefe espiritual a quem cabe a distribuição de todas as funções especializadas do culto) que liderou a Casa *Fanti Ashanti* (Anil), o entrevistado busca trazer veracidade ao próprio relato, haja vista o respeito que as figuras citadas têm no estado maranhense, especialmente, no tocante à encantaria (FERRETTI, 2004).

As memórias contadas com base em relatos dos moradores, por gerações, descrevem que o Terreiro de Egito foi durante a escravidão refúgio para negros fugidos, que por lá se encontravam com seus irmãos de luta, segundo afirma Silva (2018); assim, a cultura dos escravos e religiosidade de origem africana se fez predominantemente presente neste quilombo (oficialmente não reconhecido) e, mesmo após anos do fim da escravidão, as manifestações religiosas permaneceram, segundo relata Silva (2018):

O local sagrado preservou seus cultos ainda após a escravidão, até porque, defende-se, a perseguição aos praticantes de Tambor de Mina perdura até o presente, e por esse motivo, muitos adeptos da religião se utilizavam do local distante da cidade para a prática dos seus ritos. O terreiro do Egito abarcou inúmeras gerações de descendentes, os quais, mais tarde, vieram a formar seus próprios terreiros, mas que, mantém ali, sua memória e religião (SILVA, 2018, p. 7).

Estas memórias da Comunidade, e cabe ressaltar que, memória a partir de Bergson (2010), seria um mecanismo epistemológico que intercala o passado ao presente e por Halbwachs (2004), define-se como processo no qual as identidades de determinados grupos

são reconstruídas e no interior destes grupos, a identidade cultural se mantém de forma coletiva e reporta-se aos ancestrais.

Ancestralidade, segundo Lopes (2006), está interligada à identidade e pode ser percebida historicamente nos modos de viver do povo brasileiro e, no que se refere à Comunidade do Cajueiro, tal ancestralidade, presente no aspecto de religiosidade, está centrada nas religiões de matrizes africanas e afro-brasileiras, praticadas por um grupo significativo que coabita a comunidade, no caso em tela, a manifestação religiosa conhecida como Tambor de Mina, que é, segundo Ferretti (2006), uma “denominação da religião afro-brasileira surgida no Século XIX, na capital maranhense, além de muito difundida no Pará, é encontrada, também, em outros estados brasileiros, mas de forma bem menor, geralmente conduzidas por pais/mães de santo maranhenses.

Ressalta-se que na maioria dos estados, as religiões afro-brasileiras se fazem presentes por meio do Candomblé, seguidas de outros rituais como a Umbanda e Pajelança, estes dois últimos, com viés mais indígena do que africano (SILVA, 2011).

Ferretti (2006) descreve ainda, que o Tambor de Mina, enquanto religião, apresenta características peculiares: toques de tambores, participantes em transes, cânticos e cultos a caboclos e entidades, fidalgas ou do povo. É uma religião muito praticada no Maranhão, como já citado, sobretudo em sua capital, São Luís, onde se localiza a Comunidade do Terreiro do Egito. Nesse cenário, Soares e Silva (2016) afirmam que em relação à manutenção da religiosidade, torna-se elemento precípuo a noção de ancestralidade e afirmação de sua identidade e que “[...] na contemporaneidade, nas religiões de matriz africana, percebemos a intimidade e o respeito pela natureza”.

Tal assertiva conduz a um dos aspectos que justifica a resistência dos moradores do Cajueiro, que insistem em permanecer no local: a relação religiosidade e natureza. Para tais sujeitos, estes são elementos imbricados entre si; não há natureza sem viés religioso e, tampouco, existe a religião sem que se respeite e preserve a natureza, em si.

Nessa perspectiva, os moradores partiram para audiências públicas e em umas destas, representantes do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) destacaram, na época, que os elementos de religiosidade e cultura poderiam ser um dos entraves para o processo de compras do terreno por parte da WPR e, também, a legitimação do Terreiro do Egito enquanto patrimônio cultural, sendo necessário que tudo fosse registrado, conforme afirma Arcangeli (2018).

Sendo assim, conscientes de que estes aspectos instituíam-se, essencialmente, como instrumentos de luta, contra as empresas que tentavam desapropriá-los de suas terras, a

Comunidade, no ano de 2015, elaborou uma carta aberta que foi divulgada pela Comissão de representantes do Terreiro do Egito de São Luís, objetivando visibilidade à luta, chamando atenção para o conflito, como apontam Santos e Sant'Ana Júnior (2017).

Diante desta situação, na qual a Comunidade se movimenta, em prol de preservar sua identidade cultural, percebe-se que não houve aquilo que Hall (2005) propõe como uma espécie de diluição de identidade ou perda desta, na modernidade, mas ocorreu um enfrentamento a outrem, que de alguma forma estava em posição de domínio, correspondendo ao que Bhabha (2005), ressalta sobre a relevância de enfrentar o colonizador. Assim, em meio às propostas de uma cultura globalizada, com proporções gigantescas no Estado, prestes a se instalarem, os populares reafirmaram sua identidade cultural, descentralizando-se desta cultura capitalista, reivindicando o direito de permanecer no local.

Assim, em 2015, realizaram a leitura da Carta em um ato público. Entre alguns trechos, destacou-se:

Nós, comunidades tradicionais de matriz africana, descendentes do Terreiro do Egito e as comunidades que compõem o território do Cajueiro [...] vimos através desta carta, manifestar nossa unidade em torno da defesa de nossa história, de nossos antepassados e de nossa herança cultural. [...] A defesa pela preservação e reconhecimento como lugar sagrado do Terreiro do Egito, não é uma luta isolada! Confunde-se com nossa luta pela defesa do território do Cajueiro onde está situado. Batalha que vem sendo travada há décadas, por homens e mulheres de coragem, verdadeiros guardiões desse território, mas que vêm sofrendo ameaças e violências e intimidações de todo modo por aqueles que querem se apropriar, torna-lo mercadoria: ameaça de deslocamento para a instalação de indústrias e empreendimentos portuários, ameaças de poluição ambiental [...] Nosso solo e o ar que respiramos, são fundamentalmente, elementos conectados com a vida comunitária nesse território étnico. Somos uma comunidade e não queremos sair do lugar onde nascemos, crescemos e nos tornamos comunidade. Somos pescadores e pescadoras, lavradores e lavradoras, extrativistas, somos povos tradicionais, remanescentes de quilombo!

É perceptível na expressão enunciativa a reafirmação da religião como aspecto a ser preservado e como herança cultural, que marca a identidade local. O pedido da Comunidade, com base no texto da Carta, foi fortemente marcado, sendo exigido que este fosse reconhecido como lugar sagrado e, principalmente, como lócus identitário; o lugar que atrela os habitantes da Comunidade do Cajueiro à ancestralidade e ao sagrado; a um culto que não pode ser quebrado, sob pena de prejuízos e perdas que não podem ser quantificados econômica ou financeiramente, pois a religiosidade não pode ser mensurada numericamente, segundo afirma Silva (2011).

Do ponto de vista legal, vale ressaltar que a liberdade e a preservação à proteção dos locais de culto e suas liturgias, estão expressamente estabelecidas, com base na Constituição Federal Brasileira (BRASIL, 1988). A partir do ato público de fechar a BR-135, no trecho da Vila Maranhão, foi possível chamar atenção para o cenário de conflito, refletiu-se que este seja uma das estratégias da Comunidade, que naquele momento tinha contra seus opositores, colocando-se sempre como comunidade tradicional.

Nessa acepção, considerando que as terras trazem consigo histórias de ancestrais, bem como evidencia a etnia dos que por ali passaram, enquanto quilombolas torna-se importante refletir a partir da ideia de identidade se constituir na essência da identidade étnica (Botão, 2008).

A fala da Comunidade destaca outro trecho na carta demarcando que essa “não é uma luta isolada”. A expressão põe em reflexão o espaço do tempo que tem durado os conflitos pelos quais a comunidade do Cajueiro tem passado, como apontado anteriormente, aqui neste estudo, as implantações vêm há décadas, modificando, e mais, dificultando os modos de viver destes grupos próximos às áreas, ocasionando embates, que objetivam, sobretudo, deslocamento compulsório, segundo afirmam Sant’Ana Júnior e Silva (2010).

Numa análise entre a relação dinheiro e território, Santos (1999) demarca como este primeiro tem sido implacável, influenciando a sociedade em ações quase invisíveis e abstratas, com um papel tão destrutivo para aqueles que sobre ele, nenhum poder detém. Ratificando estas proposições, muitas pesquisas apontam para derrubadas de casas, a perda do sustento, a não autorização de alguns populares de entrar nos seus próprios terrenos, destruição de plantações (MOREIRA 2015, ARCANGELI 2018; SBRANA 2019), motivados pelos interesses capitalistas.

Santos (1999), critica ainda, as relações imbricadas nestes cenários de conflitos territoriais, utilizando o termo “contabilidade”, no sentido de lucros e interesses financeiros, para evidenciar os índices de exclusão das populações que brigam por seus territórios, muitas vezes em uma luta injusta e destaca que “essa contabilidade nacional é, no fundo, um nome de fantasia para a contabilidade global que escolhe, entre as categorias utilizadas, aquelas que privilegiam os interesses de um certo tipo de agente e excluem todas as categorias, consideradas de outra índole” (Ibid,p. 12). Logo, quem tem dinheiro fica com a terra, quem não tem, perde seu espaço.

Em encontro a estas colocações, durante tais conflitos houve um momento no qual foi necessário a comunidade buscar novos mecanismos de lutas, para provar sua existência nas terras, antes dos empreendimentos. Assim, foram acionadas algumas famílias mais

antigas que moravam no território muito antes dos primeiros empreendimentos, conforme aponta Sbrana (2019). Nessa mesma direção, Moreira (2015), discorre que: “a ocupação da região aconteceu há quase 100 anos, a partir da Comunidade do Egito, onde havia o importante Terreiro de Mina do Egito: [...] a praia de Parnuaçu foi sendo ocupada por uma comunidade de pescadores”.

Nessa perspectiva de estratégias de lutas contra os agentes econômicos, a população conseguiu em 2019, a partir da Carta Aberta, o reconhecimento do Terreiro do Egito como Patrimônio Cultural e Imaterial do Maranhão, mesmo após muitas casas serem derrubadas e parte dos terrenos do Cajueiro serem desmatados, segundo Melo et al. (2019); vale lembrar que desde 2014, os primeiros funcionários, apresentando-se como representantes da empresa responsável pela implementação do porto privado começaram a frequentar a comunidade e, somente cinco anos após muitos embates, tal feito foi realizado, observando-se, assim, a demora por parte das políticas no Estado do Maranhão, no sentido de aceitar, legalmente, que a identidade cultural daquela comunidade precisaria ser resguardada.

No tocante aos aspectos de patrimônio, este, segundo Pellegrini (1997), a partir de uma definição mais moderna concebe que este é qualquer artefato humano, com representações simbólicas, sobretudo, para um determinado grupo de pessoas, pertencentes à uma região específica, que em coletividade o ressignificam, permitindo a compreensão de seus processos históricos. Sendo assim, posto aqui nas palavras de Paes (2009), o patrimônio diz respeito aos objetos, bens ou espaços que podem ser símbolos de uma identidade cultural, que se perpetua por gerações e evidencia-se numa relação entre os sujeitos. Considerando o caso em tela, no que diz respeito ao Terreiro do Egito, nesse cenário de conflito, este, enquanto patrimônio, uma vez oficializado tornou-se para a Comunidade uma das estratégias mais eficientes na luta pela permanência nas terras do Cajueiro.

Atualmente, algumas famílias permanecem no local, enquanto outras saíram; o Governo tenta se manter neutro, como se fosse possível manter uma neutralidade, em um caso dessa natureza, alegando que qualquer atitude tomada diz respeito ao cumprimento de ordens do Poder Judiciário, enquanto que as empresas seguem firmes, em seus objetivos de negociações, para instalação de seus empreendimentos econômicos. Mesmo com todos os elementos discorridos acerca da importância da identidade cultural para um povo que juridicamente teve o reconhecimento de um de seus patrimônios imateriais, o Terreiro do Egito, o conflito ainda permanece.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme demonstrado por meio das obras referenciadas neste estudo, fontes publicadas, livros e canais oficiais de informação e comunicação, observou-se que desde 2014 com a efetiva implementação do Porto São Luís, instalaram-se conflitos na Comunidade do Cajueiro em todas as áreas, desde a social, política e religiosa. Realizou-se neste trabalho uma discussão sobre o conflito entre os moradores da Comunidade do Cajueiro, destacando-se, inclusive, a atuação do Estado do Maranhão, e as organizações empresariais que, ao longo de anos vêm instalando grandes empreendimentos nestes espaços, impactando e modificando a vida da Comunidade.

Foi possível inferir, no percurso do estudo, a dimensão da Identidade Cultural para a Comunidade do Cajueiro e como esta, tem sido estrategicamente utilizada na luta contra poderosos empresários, inclusive o conglomerado de empresas internacionais, neste complexo portuário privado, o Porto São Luís. Notou-se, ainda, que a luta ambiental foi fortemente demarcada, mas não fora suficiente para que este conflito fosse solucionado, sequer conseguiu-se até agora mensurar-se a proporção dos danos.

A identidade Cultural do Povo do Cajueiro foi e é fortemente demarcada por seus ancestrais quilombolas e os elementos religiosos de origem Africana, que estes mantêm vivos através do Terreiro do Egito, reconhecido, após longas lutas, como Patrimônio Cultural e Imaterial do Maranhão.

Compreendeu-se, a partir deste trabalho, que diante do embate, tendo de um lado o interesse econômico e do outro a necessidade de uma Comunidade em resistir para se manter viva, existe uma lacuna muito grande de políticas públicas que acolham a parte mais vulnerável neste cenário. É urgente que se veja a situação não como dois extremos, com interesses opostos, mas que se reflita acerca da importância da questão social de minorias, sobretudo, quando estas correm riscos de perder suas casas, formas de sustento, história e identidade.

Infere-se assim que entre muitos embates que ainda perduram, pensa-se com uma exatidão: o desfecho do conflito que ora se delineia, deixará marcas na Comunidade, marcas estas que não se apagarão facilmente, tampouco serão esquecidas as faces perversas deste capitalismo, como modo de produção, que emoldura uma fachada de desenvolvimentismo.

4. REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. Ambientalização das lutas sociais - o caso do movimento por justiça ambiental. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 103-119, 2009.

ARCANGELI, S. C. **A questão do desenvolvimento industrial na área Itaqui – Bacanga: as formas de enfrentamento da Comunidade do Cajueiro frente à perspectiva de instalação de um porto privado, a partir de 2014**. (Dissertação) Mestrado - Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, São Luiz – MA, 2018.

BAUMAN, Z.. **Vida líquida**. Tradução Carlos Alberto Medeiros. 2ª ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2009.

BERGSON, H. **Matéria e memória: ensaio da relação do corpo com o espírito**. São Paulo: Martins Fontes, 2010.

BHABHA, H. K. **O local da cultura**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

BOTÃO, R. U. S. Volta à África (re)africanização e identidade religiosa no candomblé paulista de origem Bantu. **Aurora**, v. 2, n. 1, 2008.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 15/05/2021.

CARVALHO, F. C.; CIDADE, L. C. F. Conflitos territoriais em São Luís do Maranhão pela implantação da Usina Termelétrica (UTE) porto do itaqui. **Geographia**. v. 16, n. 32, p. 1148-138, 2014.

COHN, A. Políticas sociais e pobreza no Brasil. **Relatório Nacional Brasileiro para a Cúpula Mundial de Desenvolvimento Social**. Disponível em: <<http://btux.com.br/professorbruno/wp-content/uploads/sites/10/2018/07/5.-Pol%C3%ADticas-sociais-e-a-pobreza-no-Brasil.pdf>>. Acesso em: 10/06/2021.

DERRIDA, J. **O Monolinguismo do outro: ou a prótese de origem**. Tradução de Fernanda Bernardo. Porto: Campo das Letras, 2001.

DUQUE-ESTRADA, P. C. **Às margens: à propósito de Derrida**. São Paulo: Edições Loyola, 2002.

FERREIRA, H. J. G. P.; FILHO, M. N. R. S.; SILVA, C. R. P. (em) canto de santo: religiosidade e identidade no Bumba Meu Boi do Maranhão. In: **Linguagens e Identidade: múltiplos Olhares**. Disponível em: < <http://www.linguagemidentidades.ufma.br/publicacoes4.php>>. Acesso em: 12/05/2021.

FERRETTI, M. Tambor-de-Mina em São Luís: dos registros da Missão de Pesquisas Folclóricas aos nossos dias. **Revista Pós Ciências Sociais**, v. 3, n. 6, p. 89-105, 2006.

FERRETTI, S. Sincretismo, religião e culturas populares. **Ciências Humanas em Revista**. v. 2, n. 1, 2004.

GEDMMA. **Relatório socioantropológico: RESEX de Tauá-Mirim Cajueiro e outras comunidades tradicionais na luta por justiça e direitos territoriais, Zona Rural II, São Luís: UFMA, 2014.**

- HALBWACHS, M. **A memória coletiva**. São Paulo: Centauro, 2004.
- HALL, S. **A identidade cultural na pós-modernidade**, DP&A Editora, 1ª edição em 1992, Rio de Janeiro, 11ª edição em 2006.
- HALL, S. **Da diáspora: identidades e mediações culturais**. Belo Horizonte: EDUFMG,
- HEIDEGGER, M. **Ser e tempo**. Tradução de Márcia Sá Cavalcanti Schubach. 13ª ed. Petrópolis: Vozes, 2005.
- LOPES, N. **Bantos, Malês e identidade Negra**. Belo Horizonte: Autêntica, 2003.
- MELO et al. Desenvolvimento, conflitos ambientais na zona Rural de São Luís e a luta do Cajueiro na resistência em defesa do território. In: SILVA, A. O.; PINHEIRO, C. C. B.; CLARA, C. B.; COSTA, F. S.; CASTRO, M. E. L.; SILVA, N. S. S. C.. **Liberdade caça jeito, a história de todos na história de cada um**. São Luís: EDUFMA, 2019.
- MENDES, A. R. **O que é patrimônio cultural?** Olhão: Gente Singular editora, 2012.
- MOREIRA, J. F. **Arenas, repertórios e ações: o processo de tentativa de implantação do Terminal Portuário de São Luís, no povoado Cajueiro**. (Dissertação) Mestrado – Universidade Federal do Maranhã, São Luis – MA, 2015.
- PAES, M.T.D. **Patrimônio cultural, turismo e identidades territoriais - um olhar geográfico**. In: BARTHOLO, R.; SANSOLO, D. G.; BURSZTYN, I. Turismo de Base Comunitária - diversidade de olhares e experiências brasileiras. Rio de Janeiro, RJ: Letra e Imagem, 2009
- PEDRO, V. V. **Quem não pode com a formiga não assanha o cajueiro: necropoder, margens e interstícios da judicialização do conflito socioambiental na Comunidade do Cajueiro, em São Luís – MA**. (Tese) Doutorado – Universidade Federal do Maranhã, São Luis – MA, 2017.
- PELLEGRINI, A. **Ecologia, Cultura e Turismo. Campinas**. São Paulo: Papirus, 1997
- PINHO, V. F. P.; PALHARES, V. L. Preservação da identidade cultural no mundo globalizado: Córrego do Baçã-MG. **Anais do II Colóquio Nacional do NEER**, 2006.
- RIBEIRO JÚNIOR, J. R. B. **Formação do Espaço Urbano de São Luís: 1612-1991**. 2ª ed. São Luís: Ed. do Autor/ FUNC, 2001.
- SANTOS, D. S.; SANT'ANA JÚNIOR, H. A. fé, território e luta: mobilização e resistência na comunidade tradicional do Cajueiro. **Anais da VIII Jornada Nacional Políticas Públicas**, 2017.
- SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: Técnica, Razão e Emoção**. 3ª Edição. São Paulo: Edusp (Editora da USP), 2003.
- SANTOS, M. O dinheiro e o Território. **Revista GEOgraphia**. v. 1, n. 1, p. 7-13, 1999.
- SANTOS, S. J. S. **Pescadores na Ilha de São Luís: práticas, saberes e conflitos por recursos**. (Dissertação) Mestrado - Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), São Luís - MA, 2018.
- SBRANA, T. S. J. Dissecando narrativas: conflitos e trajetórias individuais e coletivas no processo de instituição autônoma da reserva extrativista de Tauá-Mirim em São Luís,

Maranhão (1996 – 2015). **Anais ANPUH – Brasil, 30º Simpósio Nacional de História**, Recife, 2019.

SILVA, L. C. F. B. Identidade e resistência: A luta pela efetivação das garantias fundamentais dos praticantes de Tambor de Mina frente às violações na comunidade tradicional do Cajueiro em São Luís do Maranhão. **Anais do X Encontro ANDHEP**, UESPI, Teresina, PI, 2018.

SILVA, V. G. Religião e identidade cultural negra: católicos, afrobrasileiros e neopentecostais. **Cadernos de campo**, n. 20, p. 1-360, 2011.

SOARES, E. L. R.; SILVA, M. A. L. Ancestralidade, Comunidade e Dialogicidade. **Revista Univap**, v. 22, n. 39, p. 70-83, 2016.

WOODWARD, K. **Identidade e diferença: uma introdução teórica conceitual**. In: Tomaz SILVA, T.; HALL, S.; WOODWARD, K. Identidade e diferença a perspectiva dos estudos culturais. Petrópolis: Editora Vozes, 2005.

PERDAS ECONOMICAS OCASIONADAS POR LESÕES DE CISTICERCOSE EM CARÇAÇAS BOVINAS

Robson Lopes Cardoso¹ e Claudia Peixoto Bueno²

1. Universidade Estadual de Goiás (UEG), Programa de Pós-Graduação em Produção Animal e Forragicultura, Câmpus Oeste, São Luís de Montes Belos, Goiás, Brasil;
2. Universidade Estadual de Goiás (UEG), Câmpus Oeste, São Luís de Montes Belos, Goiás, Brasil.

RESUMO

O Brasil é possuidor do maior rebanho bovino comercial do mundo, e as doenças parasitárias representam um dos grandes problemas para pecuária, e as questões de saúde pública, é motivo de prejuízos econômicos à cadeia produtiva da carne bovina no Brasil e, na atualidade, sinônimo de inadequação e técnica em relação à adoção de Boas Práticas de Produção. A Cisticercose é a zoonose que mais ocasiona á condenação de carcaças de bovinos devido a lesões associadas e assim gerando perdas no frigorífico. O objetivo da pesquisa foi fazer levantamento bibliográfico a respeito das perdas como são dadas as perdas econômicas relacionadas cisticercose bovina. No decorrer do trabalho foi mostrada a necessidade do controle sanitário da cisticercose animal diante do consumo inadequado da carne, sobretudo quanto ao emprego do recurso da inspeção de carnes na sua aquisição e ao padrão de seu tratamento térmico no seu preparo. Com isso então chegando à conclusão.

Palavras-chave: Carne Bovina, Economia e *Taenia saginata*.

ABSTRACT

Brazil has the largest commercial cattle herd in the world, and parasitic diseases represent one of the problems for livestock, and public health issues are the reason for damages to the beef production chain in Brazil and, currently, synonymous of inadequacy and technique in relation to the adoption of Good Production Practices. Cysticercosis is the zoonosis that most causes the condemnation of bovine carcasses due to associated injuries, thus generating losses in the slaughterhouse. The objective of the research was to make a bibliographic survey about losses as they are given as a reduction in the promotion of bovine cysticercosis. During the work, the need for sanitary control of animal cysticercosis prior to meat consumption was shown, especially regarding the use of the occurrence of meat resource in its acquisition and the standard of its heat treatment in its preparation. With that then coming to conclusion.

Keywords: Beef, Economy and *Taenia saginata*.

1. INTRODUÇÃO

Complexo brasileiro de carnes é uma das principais cadeias do agronegócio nacional. A exportação de carnes é um setor econômico importante e lucrativo no Brasil devido ao seu enorme potencial pecuário e sua capacidade de atender demanda mundial a preços competitivos. Em 2021, o Brasil é responsável por 17% da produção mundial de carne bovina. O País deve produzir 10,4 milhões de toneladas de carne, enquanto a produção mundial está prevista em 61,5 milhões de toneladas.

Para garantir e comprovar a qualidade da carne brasileira, o governo vem se aprimorando em relação aos programas de autocontrole e ações de inspeção sanitária. A Inspeção sanitária da carne em abatedouros frigoríficos é realizada por uma equipe de agentes de inspeção e auditores fiscais, esses profissionais seguem legislações vigentes para oferecer um produto de qualidade para a população.

Oferecendo um alimento seguro para a população, tornando isso algo desafiador visto que doenças podem ser transmitidas. Uma das grandes causas de condenação nesses estabelecimentos é a cisticercose, uma doença zoonótica que quase não prejudica o desempenho produtivo dos animais de criação, mas causará prejuízos no último elo de toda a cadeia do setor.

A cisticercose é um grande problema de saúde pública, além de limitar a possibilidade de exportação de carne e reduzir a reputação do Brasil no comércio internacional. Por não causar sintomas em bovinos infectados, a cisticercose é sendo uma doença silenciosa no gado, geralmente o pecuarista só descobre o problema após uma ligação do frigorífico. Quando ocorre um abate parcial e a carcaça precisa ser processada a frio, o valor pago ao fazendeiro costuma ser reduzido em 30%. Quando as carcaças forem enviadas para a produção de conserva, a receita do produtor será reduzida em cerca de 50% menos.

2. REVISÃO LITERÁRIA

2.1. CISTICERCOSE BOVINA E SEUS FATORES DE RISCO

A cisticercose bovina é uma importante doença zoonótica parasitária com alta incidência em algumas partes do Brasil, sendo a mesma reconhecida na antiguidade.

Aristóteles fez referências a cisticercose suína em manuscritos entre os anos 380 a 375 antes de Cristo, descrevendo a ocorrência de cisticercos localizados na língua examinados através de palpação (IZAEL, 2009). O referido cestóide tem distribuição mundial, sendo a infecção importante em países como África, América Latina e alguns países do Mediterrâneo, mas as informações epidemiológicas sobre a doença ainda são incompletas (HARRISON, 1985).

A teniose é causada pela "tênia", também conhecida por "solitária", um verme achatado que se prende à parede do intestino e pode chegar a 4 metros de comprimento. A teníase é uma infecção menos grave e têm como sintomatologia mais frequente dores abdominais, náuseas, debilidade, perda de peso, flatulência, frequente e constipação em adultos. Uma vez ingeridos por bovino susceptível, os ovos, adaptados à espécie e após passar pelas condições pré-digestivas e digestivas próprias dos bovinos, liberam a oncosfera que segue através do sangue para a musculatura estriada (NAGARWALLA, 2005).

Uma grande parte das doenças zoonóticas são doenças negligenciadas, um considerável fardo global para a saúde dos humanos e causam uma perda financeira da indústria pecuária. Porém a aquisição sanitária de carne depende, em primeiro lugar da saúde do animal e em segundo do ambiente ao seu redor, até que o produto seja obtido (NAGARWALLA, 2005).

O sistema extensivo é o principal sistema de criação para a pecuária no Brasil, permitindo que os animais andem pela pastagem livremente, com isso podem ter acesso a riachos e rios que podem estar contaminados com fezes humanas, o que ajuda na ocorrência de cisticercose (SCHENTZ, 2020).

Entre os fatores determinantes estão a higiene pessoal incorreta, criação de animais próximo ao homem, além do abate clandestino de animais (FUNCH, 2015). Os hábitos culinários e alimentares também podem afetar a propagação complexa da teníase-cisticercose, como explicação, a cisticercose não é resistente a temperaturas moderadas. Portanto, as pessoas que comem carne crua ou mal passada são mais suscetíveis à tênia (DRIEMEIER, 2020).

Os estudos epidemiológicos com foco na geração de dados regionais precisos e na avaliação de fatores de risco são base para melhorar o controle da cisticercose. No Brasil, alguns estudos estabeleceram riscos à cisticercose bovina, como o rebanho que obtém fontes de água não controladas, presença de pescadores e proximidade de áreas de alta densidade população (CORNER, 2016).

O hospedeiro humano pode liberar vários segmentos parasitas todos os dias, cada um contém milhares de ovos (aproximadamente 50.000 a 80.000 ovos) e uma pessoa infectada pode ser responsável pela epidemia do gado todo (SILVIA, 2019). Esse fato mostra que a existência de cisticercose do gado não depende necessariamente da presença de animais infectados, mas também da presença do ser humano portador nas propriedades contendo bovinos, aliado as más condições higiênico-sanitárias. O baixo nível socioeconômico-cultural da região, ou ainda, a presença de trabalhadores temporários em áreas rurais, onde não tem uma condição de instalação adequada, também ajuda a doença parasitária a continuar se espalhando no campo. Sendo assim, um elevado número de bovinos pode ser eventualmente parasitado a distâncias consideráveis das fontes contaminantes por um número pequeno de portadores humanos (SILVIA, 2019).

O ciclo de vida da tênia envolve um hospedeiro definitivo e um intermediário. Na figura 1, pode ser visualizado o ciclo da *Taenias saginata*:

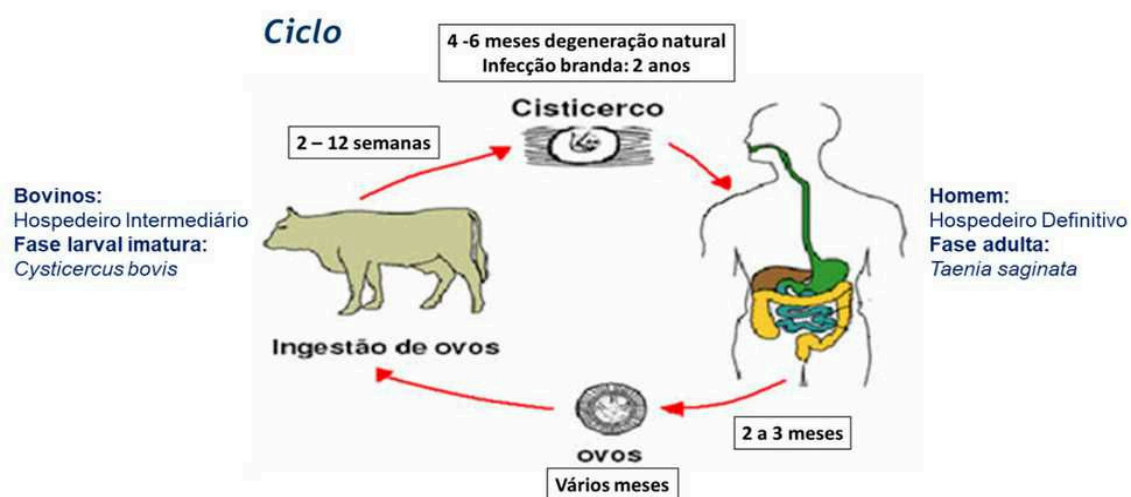


Figura 1: Ciclo da *Taenia Saginata*, que leva a *Cysticercus bovis*

Fonte: Astamy (2017). Ouro fino saúde animal.

A teníase é um verme intestinal, que se caracteriza pela presença de vermes adultos nos intestinos, que se infectam ao ingerir carne contendo cisticercose. A cisticercose, por sua vez, ocorre quando o ser humano ingere ovos da tênia, os embriões são liberados no intestino, alcançam a corrente sanguínea, e as larvas fixam-se nos tecidos (SOUZA, 2018).

Essas larvas podem fixar-se, por exemplo, no globo ocular e no sistema nervoso central, desencadeando, nesse último caso, a chamada neurocisticercose. Vale salientar que

muitos autores admitem que a *T. saginata* raramente causa ou não é responsável pelo desenvolvimento da cisticercose humana (SKJERVE, 2010).

2.2. PREVALÊNCIA DA CISTICERCOSE BOVINA

Cisticercose é o tipo de enfermidade diagnosticada nas carcaças de animais abatidos sob inspeção, gerando perdas econômicas devido à condenação do produto para alimentação humana, limitando as possibilidades de exportação de carne e reduzindo significativamente o prestígio dos produtores no exterior (CORTES, 2000).

Estas parasitoses (*T. saginata*) afetam um número grande de bovino, principalmente nas classes com menor poder aquisitivo, tendo as informações concretas de que o hospedeiro definitivo é o homem (FUNCH, 2015). Os estudos indicam que as maiores taxas de prevalência de cisticercose são encontradas nos países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos, sendo importante o conhecimento da prevalência para implantação de programas de controle, e de fundamental importância da detecção da fonte de infecção dos animais, cuja tarefa é complexa, difícil e nem sempre possível (CORTÊS, 2000).

A cisticercose bovina é um problema de saúde pública e animal que ainda impacta negativamente a produção de carne em vários estados brasileiros. É uma das situações mais comuns na fiscalização sanitária de frigoríficos e, pelos prejuízos que causa, tornou-se uma preocupação para frigoríficos e produtores. Em alguns estados, como o Paraná, pouco se sabe sobre a distribuição e evolução do número de casos de cisticercose, deste modo e maior prevalência da doença (BRASIL, 2020).

A prevalência de cisticercose bovina prova através de dados do serviço de inspeção veterinária do matadouro. A inspeção de carnes é realizada em vários países do mundo, porém os métodos de diagnóstico post-mortem utilizados geralmente possuem diferenças, com taxas de prevalência variáveis nas diferentes áreas geográficas do mundo, de acordo com fatores sociais e culturais (SOUZA, 2018).

O Brasil, tendo todas as condições necessárias, o setor da indústria de carnes e derivados atinge mais do mercado internacional. Informações sobre a ocorrência de cisticercose é um método alternativo de monitoramento de doenças e das condições sanitárias de locais de alimentação de animais (DRIEMEIER, 2020).

Os levantamentos de informações podem facilitar a adoção de políticas voltadas à sanidade agropecuária e, dessa forma, auxiliar na redução do número d

e casos dessa zoonose. A constância é maior em alguns países da África e da América Latina, Ásia, mediterrâneo e países que ainda estão em desenvolvimento.

A importância das inspeções se torna mais aparente para assegurar uma maior proteção à saúde do consumidor final, pois as técnicas adequadas de inspeção podem reduzir a persistência dessa zoonose na população, porque as técnicas de inspeção adequadas podem minimizar o risco de liberação das carcaças com cisticercose para evitar que o ciclo do parasita continue abaixando a persistência desta doença zoonótica na população (DRIEMEIER, 2020).

Algumas pesquisas foram realizadas com o objetivo de determinar a prevalência e os fatores de risco da cisticercose no Brasil, principalmente em Minas Gerais. A presença da cisticercose bovina na região do Triângulo Mineiro está sendo sistematicamente divulgada, porém o diagnóstico é realizado exclusivamente pela inspeção post mortem, sem agregar informações sobre a sua forma de transmissão e outros indicadores epidemiológicos (SILVA, 2019).

Para avaliar como são dadas as perdas econômicas relacionadas cisticercose bovina demonstrando os fatores de risco da cisticercose. Para Frigoríficos e para a pecuária brasileira. Em geral, a cisticercose causou danos consideráveis, desde a perda os aspectos éticos e econômicos são um grande problema, porque levantam suspeitas sobre a qualidade da carne (SILVA, 2019). Segundo estudos feitos por Garcia-Saenz (2019) uma taxa de prevalência de 0,9% é em Matias Barbosa-MG, complexo teníase e cisticercose em áreas rurais. No estudo para avaliar as características epidemiológicas da Taenia-cisticercose bovina, na zona rural do município de MG determinaram uma prevalência de 0,42%. Através de um trabalho realizado sobre o perfil da transmissão e da prevalência da cisticercose bovina em propriedades rurais do Triângulo Mineiro no ano de 2015, constatou-se uma prevalência de 4,7%.

O diagnóstico comumente realizado para a identificação de bovinos infectados por *T. saginata* é a inspeção sanitária, utilizada como medida de controle. Porém, este diagnóstico não detecta todos os cisticercos presentes na carcaça, os quais podem se desenvolver fora dos locais definidos para a inspeção, tornando necessária a busca por novos métodos de diagnóstico (CARPIO, 2018).

2.3. METODOS PARA DIAGNOSTICAR A CISTICERCOSE

No Brasil, o Ministério da Pecuária e Abastecimento (MAPA), adotou o "Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal" para regulamentar a inspeção de produtos de origem animal em todo o país (RISPOA, 2020). Uma das regras estabelecidas pelo regulamento é a condenação de carcaças com maior nível de infecção, e a rejeição parcial, para carcaças de infecção leve ou moderada, devendo estas receber tratamento por câmaras frigoríficas por salmoura da carne desossada ou por esterilização por calor (LAGE, 2015).

Em geral, na rotina de inspeção, a carcaça será considerada por infecção intensa se encontrados, pelo ou menos, oito cistos viáveis ou calcificados, ou dois ou mais cistos localizados, simultaneamente em pelo menos dois locais de eleição examinados na linha de inspeção, ou quatro ou mais cistos localizados no quarto dianteiro ou no quarto traseiro. Coração, músculos da mastigação, língua, diafragma e seus pilares e massas musculares da carcaça são as principais áreas analisadas (IRFA, 2020).

O diagnóstico da cisticercose animal é através do exame da carcaça após o abate. A verificação da existência de cisticercose é feita rotineiramente pelo serviço de inspeção sanitária do abatedouro. Para o diagnóstico da cisticercose humana são utilizadas técnicas sorológicas e radiológicas, bem como a tomografia computadorizada (WERNER, 2016).

Cada país tem um regulamento diferente na inspeção de carcaça, porém invariavelmente o músculo masseter, a língua e o coração são cortados e verificados cautelosamente e os músculos intercostais e o diafragma inspecionados; em alguns lugares, o músculo tríceps também é cortado. As inspeções são inevitavelmente um importante cuidado para detectar a cisticercos e manter o valor econômico da carcaça (WERNER, 2016).

A *T. saginata* geralmente tem manifestações subclínicas, muitas vezes não confirmados por exames físicos, devido a forma de eliminação deste helminto é mais comumente realizado através da observação pessoal da eliminação espontânea de proglótides. Assim, é necessário realizar parasitologia fecal pelo método de Hoffman, fita e peneiramento (DRIEMEIER, 2020).

Nos exames de na linha de inspeção, são realizadas incisões nos masseteres, pterigóideos internos e externos, palpação na língua, com incisão apenas se encontrados cistos durante a inspeção da cabeça e incisão longitudinal no coração, examinando as superfícies internas do ventrículo e das incisões (CARPIO, 2018).

É essencial identificar e gerenciar o risco de infecções em animais, ao julgar pelo seu diagnóstico, visando reduzir a perda desses dois segmentos de mercado produtores, assim como consumidores, para evitar perdas comerciais e garantir a carne de alta qualidade, sem risco para a saúde humana (LUIGGI, 2017). O diagnóstico deve envolver o animal e seu ambiente, permitindo medidas diretas para evitar a propagação dos fatores de risco para doenças em uma área específica, entre os quais podem variar de região para região (SEAPA, 2017).

No Brasil, o exame postmorte é estabelecido por legislação específica, pelo Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RENER, 2005). Outros métodos que podem ser usados para diagnosticar cisticercose são os testes sorológicos, eles têm sido usados como uma prática diagnóstica *in vivo* para esta enfermidade. O teste ELISA provou ser mais sensível nas seguintes situações de comparação com os métodos de inspeção convencionais, mesmo se os resultados forem exibidos apresentam melhor desempenho em animais infectados experimentalmente (REY, 2016).

Considerando todas as necessidades e importante o aprimoramento do método de diagnóstico da cisticercose bovina com outra abordagem é a tecnologia que possa avaliar de forma rápida a cisticercose (SKJERVE, 2010).

Neste sentido os ensaios para a detecção de anticorpos indicam exposição ao agente, que não avaliado necessariamente apenas uma infecção ativa, mas também podem ser úteis em estudos epidemiológicos (CORTÊS, 2000). No entanto alguns tipos de antígenos, como por exemplo, os derivados de oncosferas, propiciam proteção ao hospedeiro e, como advento da tecnologia do DNA recombinante, quantidades suficientes de antígenos protetores podem ser produzidas, permitindo sua utilização no desenvolvimento de vacinas (GARCIA-SAENZ; NAPP; LOPEZ, 2019).

2.4. MÉTODO CONTROLE DA CISTICERCOSE BOVINA

Para o controle da cisticercose bovina, é necessário determinar se o rebanho bovino está em risco, e isso pode ser originado pelos seguintes fatores: fontes de água animal, rios ou riachos que recebem resíduos de cidades, vilas, assentamentos e prisões, bem como o trânsito frequente de pessoas contaminando os pastos onde os animais se alimentam (BRASIL, 2018). É importante a vermifugação dos animais durante a recria, de acordo com o controle estratégico de verminoses (MINOZZO, 2006). Nos sistemas de produção onde o

risco da *T. saginata* é maior, é importante, além da vermifugação estratégica, implantar um programa de tratamento no final do sistema de produção, terminação a pasto ou confinamento (FUNCH, 2015).

Para o controle da cisticercose bovina é preciso implantar medidas higiênicas para assim, interromper o ciclo do parasita e evitar que os animais se contaminem ovos. Para tanto, algumas medidas devem ser tomadas, como a conscientização dos colaboradores, pois o homem é responsável pela poluição das águas e pastagens, e a prevenção da entrada de animais em locais que recebem esgoto humano e tratamento antiparasitário dos trabalhadores (SILVIA, 2019).

A similaridade entre a cisticercose bovina e a suína é que ambos podem ser parasitas em humanos, que é hospedeiro final e bovinos e suínos são hospedeiros intermediários (SAURINA, 2007) bovino, liberam formas larvares infectantes do parasita (PAVANELLI, 2019).

Estes atravessarem a parede intestinal do bovino, ganham a circulação e migram para os tecidos, onde se insistem e formam os cisticercos (*Cysticercus bovis*), também conhecidos como "canjiquinhas". Cérebro e musculatura são os tecidos de predileção para a formação dos cisticercos (SOUZA, 2018).

2.5. INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO DE BOVINOS NAS PERDAS ECONÔMICAS RELACIONADAS À CISTICERCOSE

Em países de alta renda, o bovino é considerado em primeiro lugar uma mercadoria. Uma das principais fontes de economia e alimentação. Nos países onde a renda é menor, os animais têm muitas funções (WALL, 2007). Quando há perda bovina relacionadas a doenças, os preços diretos podem ser usados para estimar os custos do mercado (PAVANELLI, 2019).

Os estudos que visam prevenir a cisticercose, eles estão relacionados ao uso de antiparasitários para o tratamento da cisticercose. O impacto econômico do complexo da Taeníase-Cisticercus pode ser dividido em três categorias: custos relacionados a saúde pública, saúde animal e controle e erradicação da doença parasitária (NAVARRO, 2011).

2.6. IMPORTÂNCIA E PERDAS ECONÔMICAS DA CISTICERCOSA BOVINA

O Brasil no ano de 2017 foi o segundo maior produtor mundial de carne bovina, perdendo apenas para os Estados Unidos. Em 2017, esses países produziram 9,62 milhões de toneladas e 11,32 milhões de toneladas, respectivamente, embora o Brasil tenha se tornado o maior exportador, exportando 1.536.380 toneladas. No ano de 2017 foram abatidos, no Brasil, 25.962.517 bovinos com a produção de 1.534.379 toneladas de carcaça. Dessas, 1.210.081 toneladas foram exportadas como carne in natura (ABIEC, 2017).

Em termos econômicos, a importância da cisticercose bovina está diretamente relacionada à comprovada perda no abate, com o julgamento das carcaças, que culmina com o aproveitamento condicional (esterilização pelo calor, salga, congelamento) ou rejeição parcial/total (BRASIL 2017).

Na maioria dos países de alta renda, a cisticercose bovina, a inspeção da carne bovina devem ser realizadas regularmente. As carcaças infectadas podem ser depreciadas e refrigeradas.

Em estudo realizado por Guimarães Peixoto (2012), a distribuição e identificação das regiões de risco para a cisticercose bovina no Estado do Paraná (2004 a 2008) foram condenadas 29.708.550 kg de carne bovina por cisticercose resultando em prejuízo R\$119.626.428,00 devido à cisticercose. Em estudo da situação da Cisticercose bovina no Estado do Espírito Santo no período de 2009 a 2012, a partir da análise de registros de abatedouro frigorífico dos Serviços de Inspeção Federal (SIF) e estadual (SIE). Nos abatedouros frigoríficos registrados no SIF, foram condenados 1.448.725,30 Kg de carne bovina por cisticercose, sendo perdidos R\$8.682.518,00. Já nos abatedouros frigoríficos registrados no SIE, em um total de 1.340.754 bovinos abatidos e inspecionados pelo serviço federal e estadual, no período de 2009 a 2012, as perdas por condenação de bovinos com cisticercose foram de R\$9.092.834,97, para 1.518.256,8 Kg de carne condenada.

Cisticercose bovina causa mais de US \$ 2 bilhões em perdas a cada ano no Brasil por perdas de condenação. A produção no Leste Asiático ainda é um grande problema, para segurança do alimento global, com relação a cisticercose.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cisticercose bovina causa perdas econômicas significativas para a cadeia de abastecimento de bovinos. Com isso a pecuária de precisão vem apresentando tecnologias para melhorar o desempenho das propriedades rurais. É de suma importância continuar desenvolvendo programas de sanidade animal, para o controle de enfermidades, que causam perda de produção na pecuária, além de oferecer risco à saúde humana.

Diante da gravidade do problema, cabe aos frigoríficos, em parceria com os órgãos de assistência técnica e de sanidade animal, juntamente com instituições que representem os produtores rurais, como associações e cooperativas, desencadear campanhas de treinamento, buscando corrigir as falhas minimizando os prejuízos

Usando a agropecuárias como ferramenta para evitar a ocorrência da enfermidade nos bovinos, resultando em produção de alimentos seguros e possibilitando a melhor rentabilidade para o produtor e um alimento seguro ao consumidor.

4. REFERÊNCIAS

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Perfil da pecuária no Brasil, Relatório Anual**. Disponível em <<http://abiec.siteoficial.ws/images/upload/sumario-pt-010217.pdf>>. Acesso em: 16/09/2021

ASTAMY, L. **Ouro fino saúde animal**. Atualizado, 2017. Disponível em: <<https://www.ourofino.saudeanimal.com/ourofinoemcampo/categoria/artigos/como-reduzir-os-prejuizos-com-cisticercose-bovina/>>. Acesso em: 18/09/2021

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA**, Brasília – DF, 2021

BRASIL. Secretaria de Defesa Agropecuária, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa DAS No 11, de 18 de janeiro de 2018**. Estabelece o Regulamento Técnico para a Produção, Controle da Qualidade, Comercialização e Emprego de Vacinas contra a febre aftosa. Brasília: Diário Oficial da União, 2018

CARPIO, A. Expert review of neurotherapeutics neurocysticercosis: the good, the bad, and the missing. **Expert Review of Neurotherapeutics** v. 18, n. 4, p. 289 2018.

CORNER, L. A. The role of wild animal populations in the epidemiology of tuberculosis in domestic animals: How to assess the risk. **Veterinary Microbiology**, v. 8, n. 3, p. 303-312. 2016

- CORTÊS, J. A. Complexo teníase humana - cisticercose bovina e suína. **Rev. Educ. contin. CRMV-SP**, v. 3. n. 1, p. 55-61, 2000.
- DRIEMEIER, D. Caracterização das lesões parasitárias de ovinos observadas na linha de abate. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 9, n. 40, p. 1491-1506. 2020.
- FUKUDA, R. T. **Contribuição ao estudo da epidemiologia da cisticercose bovina na região administrativa de Barretos. Aspectos ambientais e econômicos**. 2003. (Tese) Doutorado em Medicina Veterinária - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.2004
- FUNCH, R. R. Termite mounds as dominant land forms in semiarid northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 122, p. 27-29, 2015.
- GARCIA-SAENZ, A.; NAPP, S.; LOPEZ, S. et al. Estimation of the individual slaughterhouse surveillance sensitivity for bovine tuberculosis in Catalonia (NorthEastern Spain). **PrevVetMed**, v. 121, p. 332–337, 2019.
- GUIMARÃES, R. P. M. Distribution and identification of risk areas for bovine cysticercosis in the state of Paraná, Brazil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 32, n. 10, p. 9e75979, 2012.
- HARRISON, L..J.S. Cyst Fluid And Surface Associated Glycoprotein Antigens of of *Taenia* sp. metacestodes. **Parasite Immunology**, v. 9, p. 263-268, 1987.
- IRFA. **Programa de Qualidade Sanitária para carne bovina: Cisticercose Bovina – Informativo técnico**, Porto Alegre, RS, 2020.
- IZAEL, M. A. Estudo retrospectivo da ocorrência dos casos de tuberculose bovina diagnosticados na clínica de bovinos de Garanhuns - PE, de 2000 a 2009, Ciência Animal Brasileira – Suplemento 1. **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Buiatria**, 2009
- LAGE, A.P. Tuberculose bovina: uma introdução à etiologia, cadeia epidemiológica, patogenia e sinais clínicos. **Cadernos de Veterinária e Zootecnia**, v. 2, n. 6, p. 1-12. 2015.
- LUIGGI, A.N. **Tuberculose bovina: alternativas para o diagnóstico**. **Arquivos de Biologia**, v. 74, n. 1, p. 55-65, 2017.
- MINOZZO, J. C. A influência de diferentes grupos de soros-controle no diagnóstico da cisticercose bovina pelo teste ELISA. **Revista CERES**, v. 53, p. 574-579, 2006.
- NAGARWALLA, N. Spatial disease clusters: detection and inference. **Statistics in Medicine**, v. 16, n. 10, p. 599-910, 2005
- NAVARRO, I.T. Complexo teníase-cisticercose. **Manual de zoonoses**, v. 2, p. 26-36, 2011.
- PAVANELLI, G.C. **Revisão integrativa das principais zoonoses de ocorrência brasileira**. Maringá: IX EPCC, 2019.
- RENER, R.M. **Fatores que afetam o comportamento, transporte, manejo e sacrifício de bovino**. (Tese) Especialização em Tecnologia dos Produtos de Origem Animal - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005
- REY, L. **Parasitologia: parasitos e doenças parasitárias do homem nos trópicos ocidentais**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

SAURINA, C. **Estadística y epidemiologia espacial**. Girona: Edicions a petició. **Documenta universitária**. Capítulo 1: Introducció a la estadística espacial, 2007.

SCHENTZ, P.M. Echinococcosis: a review. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 18, n. 4, p. 125-133, 2020

SEAPA, SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Bovinocultura leite e corte**. Disponível em: http://www.agricultura.mg.gov.br/images/Arq_Relatorios/Pecuaria/2017/Mar/bovinocultura_leite_corte_mar_2017.pdf>. Acesso em 27/09/2021

SILVIA, A.V.M.. Teníase e cisticercose, p.227-237. In: Ibid. (Ed.), **Parasitologia Humana**. 11ª ed. São Paulo: Atheneu, 2019.

SKJERVE, E. Diagnostic efficiency of abattoir meat inspection service in Ethiopiato detect carcasses infected with *Mycobacterium bovis*: Implications for public health. **Public Health**, v. 10, n. 2, p. 462-474, 2010.

SOUZA, Valmir Kowaleski et al. Prevalência da cisticercose bovina no estado do Paraná, sul do Brasil: avaliação de 26.465 bovinos inspecionados no SIF 1710. Semina: **Ciências Agrárias**, v. 28, n. 4, p. 675-684, 2018

WALL, R.L. **Veterinary Parasitology**. 3ª ed. Blacwell, Oxford, 2007.

WERNER, P.R. **Patologia Geral Veterinária Aplicada**. São Paulo: Roca, 2016.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICA E ATIVIDADE ANTIMICROBIANA DE OLEAGINOSAS DA AMAZÔNIA

**Naila Fernanda Sbsczk Pereira Meneguetti¹, Geyse Souza Santos^{1,2}, Clarice Maia
Carvalho^{1,2,3}, Renato André Zan⁴, Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti^{1,2,3,5} e
Amauri Siviero¹**

1. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal (Bionorte), Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, Acre, Brasil;
2. Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para Amazônia (PPGCITA), Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, Acre, Brasil;
3. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Saúde na Amazônia Ocidental (PPGCSAO), Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, Acre, Brasil;
4. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia, Ji-Paraná, Rondônia, Brasil;
5. Colégio de Aplicação (CAP) da Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, Acre, Brasil.

RESUMO

Oleaginosas são vegetais que possuem óleos em sua constituição e podem ser extraídos através de processos adequados. Muitos desses óleos possuem propriedades medicinais, entre elas atividade microbiana, sendo assim o presente estudo teve como objetivo descrever o perfil físico-químico e avaliar a atividade antimicrobiana dos óleos de *C. guianensis*, *B. excelsa* e *Copaifera* spp.. A análise físico-química foi realizada de acordo com protocolo do Instituto Adolfo Lutz, American Oil Chemists' Society; Zenebon; Pascuet e Tiglea. Sendo que para o índice de acidez somente o óleo de castanha-da-Amazônia ficou abaixo do valor médio estabelecido como referência pela Anvisa, para o grau de oxidação somente o óleo de copaíba tem valores abaixo do estabelecido, e para o índice de saponificação somente a copaíba apresentou valores abaixo aos estabelecidos. A avaliação da atividade antibacteriana foi realizada utilizando a técnica de *cup plate*, contra os microrganismos *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* e *Candida albicans*, constatou-se que os óleos de *C. guianensis*, *B. excelsa* e *Copaifera* spp., não apresentaram atividade inibitória.

Palavras-chave: Andiroba, Castanha da Amazônia e Copaiba.

ABSTRACT

Oilseeds are vegetables that have oils in their constitution and can be extracted through suitable processes. Many of these oils have medicinal properties, including microbial activity, so this study aimed to describe the physicochemical profile and evaluate the antimicrobial activity of oils from *C. guianensis*, *B. excelsa* and *Copaifera* spp.. The physical-analysis chemistry was performed according to the protocol of the Instituto Adolfo Lutz, American Oil

Chemists' Society; Zenebon; Pascuet and Tiglea. For the acidity index only the Amazon nut oil is below the average value established as a reference by Anvisa, for the oxidation degree only the copaiba oil has values below the established value, and for the saponification index only Copaiba presented values below those established. The evaluation of the antibacterial activity was carried out using the cup plate technique, against the microorganisms *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* and *Candida albicans*, it was found that the oils of *C. guianensis*, *B. excelsa* and *Copaifera* spp., showed no inhibitory activity.

Keywords: Andiroba, Amazon Nut and Copaiba.

1. INTRODUÇÃO

Oleaginosas são vegetais que possuem óleos em sua constituição e podem ser extraídos através de processos adequados (PEREIRA et al., 2012). Esses óleos são substâncias insolúveis em água (hidrofóbicas), que na temperatura de 20°C exibem aspecto líquido (REDA; CARNEIRO, 2007; PEREIRA et al., 2012).

Na Amazônia existem inúmeras espécies de oleaginosas, entre elas *Carapa guianensis* (Andiroba), *Bertholletia excelsa* (Castanha da Amazônia) e *Copaifera* spp. (Copaíba), que são plantas de importância extrativista na região (MARTINS, 2017; MENEGUETTI, SIVIERO, 2019). E de acordo com o conhecimento popular possuem propriedades medicinais, como por exemplo antimicrobiana, porém, poucos estudos foram realizados para comprovar essa atividade (MENEGUETTI, MENEGUETTI, SIVIERO, 2019), representando um potencial a ser explorado (MENEGUETTI; SOUZA, 2019), visto que podem apresentar drogas mais específicas e eficientes (LANG et al., 2008).

O presente estudo teve como objetivo realizar o perfil físico-químico e avaliar a atividade antimicrobiana dos óleos de *C. guianensis*, *B. excelsa* e *Copaifera* spp..

2. MÉTODOS

Foram utilizados óleos de *Carapa guianensis* (Andiroba), *Bertholletia excelsa* (Castanha da Amazônia) e *Copaifera* spp. (Copaíba) adquiridos no Projeto de Reflorestamento Econômico Consorciado Adensado (RECA), que tem sua sede no distrito de Nova Califórnia, Porto Velho, Rondônia, BR 364, Km 1071, distante 364 km da cidade de Porto Velho (capital de Rondônia) e 150 de Rio Branco (Capital do Acre), sendo um

importante fornecedor de produtos e subprodutos orgânicos e frutíferos para ambos os estados.

2.1. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

Todas às análises foram realizadas em triplicatas e os procedimentos metodológicos e estão baseados no Instituto Adolfo Lutz (1985), American Oil Chemists' Society (1990); Zenebon; Pascuet e Tiglea (2008), conforme especificados abaixo:

2.1.1. Índice de Acidez

Em 2g da amostra em frasco Erlenmeyer de 125mL, foi adicionado 25mL de solução de éter-álcool (2:1) neutra e duas gotas do indicador fenolftaleína, sendo titulado com solução de hidróxido de sódio 0,1M até o aparecimento da coloração rósea. Em seguida foi realizado os cálculos descritos na figura 1.

$$\frac{V \times F \times 5,61}{P} = \text{Índice de Acidez}$$
$$\frac{V \times F \times 100}{P} = \text{Acidez em Solução Molar, por cento v/m}$$
$$\frac{V \times F \times M \times 28,2}{P} = \text{Acidez em Ácido Oleico, por cento, m/m}$$

Figura 1. Cálculos dos índices de acidez.

V = nº de mL de solução de hidróxido de sódio 0,1 M gasto na titulação; F = fator da solução de hidróxido de sódio; P = nº de g da amostra.

2.1.2. Determinação Índice de Peróxido

Foi utilizado 5g da amostra em um frasco Erlenmeyer de 250mL, sendo adicionado 30mL da solução ácido acético-clorofórmio 3:2 e agitado até a dissolução da amostra. Em seguida foi adicionado 0,5mL da solução saturada de KI e deixado em repouso ao abrigo da

luz por exatamente um minuto. Posteriormente foi acrescentado 30mL de água e titulado com solução de tiosulfato de sódio 0,1N, com constante agitação, essa continuou até que a coloração amarela tenha quase desaparecida, sendo na sequência adicionado 0,5mL de solução de amido indicadora e titulada até o completo desaparecimento da coloração azul. Também foi preparada uma prova em branco, nas mesmas condições.

Para o cálculo do índice de peróxido foi utilizado a seguinte fórmula: $(A - B) \times N \times F \times 1000 \div P = \text{Índice de Peróxido em meq por 1000g da amostra}$. Sendo que A = no de mL da solução de tiosulfato de sódio 0,1 gasto na titulação da amostra; B = no de mL da solução de tiosulfato de sódio 0,1 gasto na titulação do branco; N = normalidade da solução de tiosulfato de sódio; F = fator da solução de tiosulfato de sódio; P = n° de g da amostra.

2.1.3. Umidade

Foi pesado 2g da amostra em capsula de porcelana, previamente tarada. Essa foi aquecida a 105°C durante 3 horas. Em seguida foi resfriada em dessecador até a temperatura ambiente. As amostras foram pesadas e repetida a operação de aquecimento e resfriamento até peso constante. Para o cálculo da umidade foi utilizado a seguinte fórmula: $100 \times N \div P = \text{Umidade a } 105^\circ\text{C por cento m/m}$. Sendo que N = n° de gramas de umidade (perda de massa em g); P = n° de gramas da amostra.

2.1.4. Saponificação

As amostras foram filtradas em papel de filtro para remover impurezas e traços de umidade. Em 5g da amostra foi adicionado 50mL da solução alcoólica de KOH. Sendo preparado um simultaneamente com a amostra. Em condensador a amostra foi fervida suavemente até a completa saponificação (aproximadamente uma hora, para amostras normais). Após o resfriamento do frasco, a parte interna do condensador foi lavada com um pouco de água. Em seguida foi adicionado 1mL do indicador e titulado com a solução de ácido clorídrico 0,5M até o desaparecimento da cor rósea. Para o cálculo da saponificação foi utilizado a seguinte fórmula: $28,05 \times F \times (B-A) \div P = \text{Índice de Saponificação}$. Sendo que A = volume gasto na titulação da amostra; B = volume gasto na titulação do branco; F = fator da solução de HCl 0,5 M; P = n° de g da amostra.

2.2. ATIVIDADE ANTIMICROBIANA

As amostras obtidas foram submetidas ao ensaio de atividade antimicrobiana utilizando a técnica de *cup plate* (BRANDT-ROSE; MULLER, 1939). Para tanto, os microrganismos patogênicos *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* e *Candida albicans* foram crescidas a 37 °C por 4-6 h sendo sua turbidez ajustada para escala 0,5 de McFarland para bactérias, e para fungos a escala 1,0 de McFarland. Os microrganismos então foram inoculados em placas de Petri contendo meio Muller-Hinton para bactérias e Sabouraud para fungos, realizado perfurações no meio com o inóculo de 5mm de diâmetro e dentro destes depositados 20µL de amostra e armazenado a 4°C por 24 h para permitir a difusão das amostras no meio de cultura. Posteriormente, as amostras foram incubadas a 37°C por 24h. Foram considerados com atividade antibacteriana, as amostras que não permitiram o crescimento bacteriano ao redor do disco. Os halos de inibição produzidos foram medidos em milímetros. Para a realização dos bioensaios, os óleos vegetais foram diluídos utilizando um tensoativo, onde 200µL dos óleos vegetais foram diluídos em 2,5mL de água destilada com 20µL de Tween 80.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

Os dados dos índices de acidez, peróxido, saponização e umidade dos óleos de *C. guianensis*, *B. excelsa* e *Copaifera* spp. podem ser observados na tabela 1.

Dentro da legislação vigente no Brasil não se tem padrões de qualidade pré-estabelecidos para os óleos das espécies *C. guianensis*, *B. excelsa* e *Copaifera* spp.. Se o presente estudo fosse direcionado na utilização desses óleos para alimentos, poderíamos ter utilizado como padrão os parâmetros do ministério da agricultura para óleos alimentícios, porém como esse não foi o foco do estudo, então esses resultados foram utilizados principalmente para fins demonstrativos das características dos óleos utilizados no presente estudo.

Tabela 1. Índices de acidez, peróxido, saponização e umidade de oleaginosas da região amazônica.

| | <i>C. guianensis</i> | <i>B. excelsa</i> | <i>Copaifera spp.</i> |
|---|------------------------|-------------------------|------------------------|
| Índice de acidez | 40,99 ($\pm 2,02$) | 1,37 ($\pm 0,35$) | 18,15 ($\pm 3,04$) |
| Acidez em solução molar, por cento, v/m | 620,23 ($\pm 30,52$) | 27,72 ($\pm 5,26$) | 274,64 ($\pm 12,81$) |
| Acidez em ácido oleico, por cento, m/m* | 14,42 ($\pm 0,71$) | 0,48 ($\pm 0,12$) | 6,38 ($\pm 0,63$) |
| Índice de peróxido | 20,08 ($\pm 2,77$) | 17,15 ($\pm 1,86$) | 13,19 ($\pm 1,09$) |
| Umidade, ppm | 1484 ($\pm 62,65$) | 708,25 ($\pm 371,80$) | 4549 ($\pm 93,49$) |
| Índice de Saponificação | 194,1 ($\pm 2,62$) | 190,23 ($\pm 3,83$) | 21,16 ($\pm 1,23$) |

*Acidez em ácido oleico (ácido graxo livre).

O índice de acidez avalia a quantidade em mg de NaOH utilizada para neutralizar os ácidos graxos livres em gramas de amostras, onde também índices de acidez baixos estabelecem o grande potencial do óleo na produção de cosméticos. Sendo assim, ao analisarmos os valores de parâmetros como os da acidez em ácido oleico e o índice de acidez obtemos resultados valiosos quanto a ocorrência de hidrólise e oxidação dos óleos vegetais. Dos valores de ácidos graxos livres presentes nos óleos analisados somente o da castanha-da-Amazônia ficou abaixo do valor médio estabelecido como referência pela Anvisa, que é de 5% para óleos vegetais brutos e refinados (BRASIL, 2005). O Codex Alimentarius Commission (2009) determina como parâmetro de qualidade, acidez máxima em torno de 4,0mg. KOH/g-1, quanto a caracterização de óleos brutos e refinados, sendo assim, somente o óleo da castanha-da-Amazônia ficou com valores abaixo desse parâmetro.

Para avaliar o grau de oxidação de um óleo usamos os valores do índice de peróxidos, onde se usamos como parâmetros de qualidade os valores sugeridos pelo Codex Alimentarius Commission (2009) para o índice de peróxidos de 15meq. kg-1. Tendo como base esse parâmetro verificamos que somente o óleo da copaíba tem valores abaixo do estabelecido, esse valor indica baixo potencial de deterioração oxidativa, o que indica ser de boa qualidade.

O índice de saponificação é uma análise importante quanto a qualidade de óleos, onde de acordo com (FREIRE, 2001) para os parâmetros britânico o óleo de qualidade tem que ter índices de saponificação entre 177 a 187mg. KOH/g-1, onde se compararmos com os óleos analisados somente a copaíba apresentou valores abaixo aos estabelecidos, mas vale

lembrar que esses parâmetros são estabelecidos para óleos refinados, onde não é o padrão dos óleos avaliados neste trabalho.

3.2. ATIVIDADE ANTIMICROBIANA

Os resultados das atividades dos óleos de *C. guianensis*, *B. excelsa* e *Copaifera* spp. podem ser observados na tabela 2 e figura 2.

Tabela 2. Atividade antimicrobiana de oleaginosas da região amazônica.

| Amostra | SA | SP | EC | KP | CA |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| <i>C. guianensis</i> | Neg | Neg | Neg | Neg | Neg |
| <i>B. excelsa</i> | Neg | Neg | Neg | Neg | Neg |
| <i>Copaifera</i> spp. | Neg | Neg | Neg | Neg | Neg |

(SA) *Staphylococcus aureus* ATCC 25923; (SP) *Streptococcus pneumoniae* ATCC 11733; (EC) *Escherichia coli* ATCC 25922; (KP) *Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352; (CA) *Candida albicans* ATCC 24433.

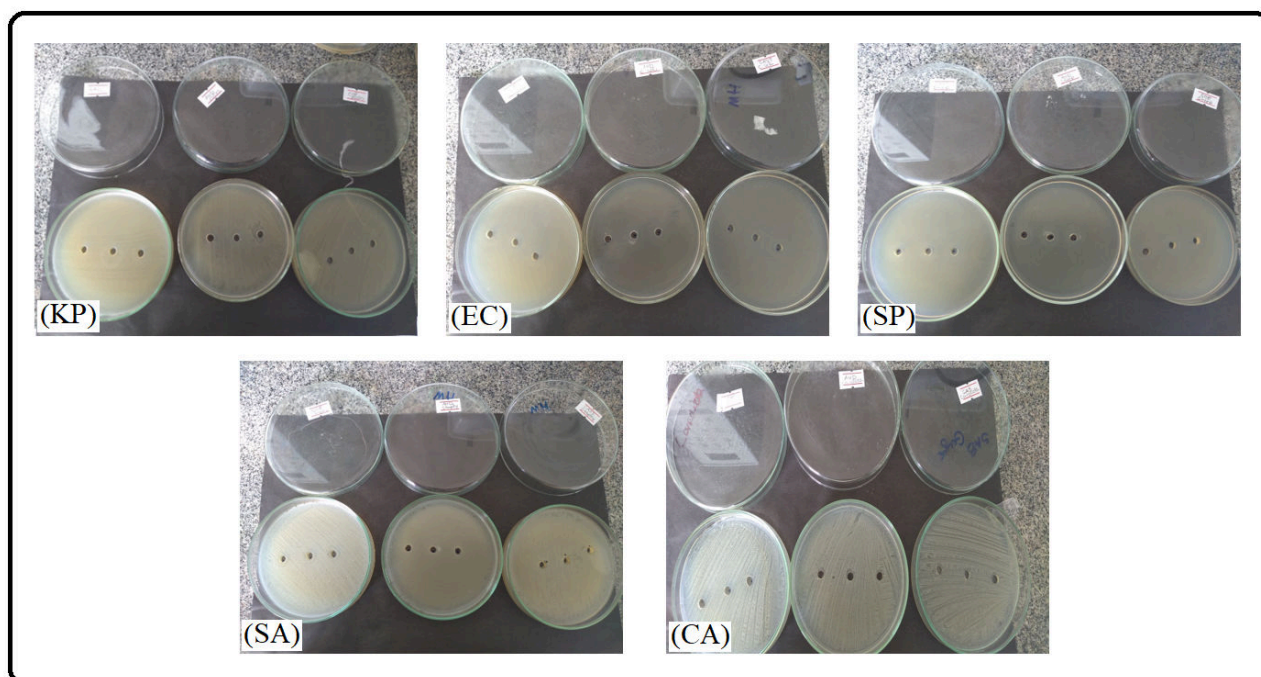


Figura 2. Placa Petri contendo meio Muller-Hinton para bactérias e Sabouraud para fungos.

(SA) *Staphylococcus aureus* ATCC 25923; (SP) *Streptococcus pneumoniae* ATCC 11733; (EC) *Escherichia coli* ATCC 25922; (KP) *Klebsiella pneumoniae* ATCC 4352; (CA) *Candida albicans* ATCC 24433.

O *S. aureus* é uma bactéria do grupo dos cocos gram-positivos, frequentemente encontrada na pele e nas fossas nasais de pessoas saudáveis, podendo, entretanto, provocar doenças, que vão desde uma simples infecção (espinhas, furúnculos e celulites) até infecções graves (pneumonia, meningite, endocardite, síndrome do choque tóxico, septicemia e outras) (SANTOS et al., 2007). A *Escherichia coli* é uma bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae, sendo amplamente distribuída na natureza, tendo como principal habitat o trato intestinal humano e animal, estando associada a casos esporádicos e surtos de diarreia infantil (SOUZA et al., 2016). *S. pneumoniae* é o principal agente etiológico de infecções respiratórias adquiridas da comunidade “otites, sinusites e pneumonias” (BRICKS; BEREZIN, 2006).

Os óleos utilizados no presente estudo não apresentaram atividade contra essas bactérias. Dados semelhantes foram encontrados por Britro et al. (2001) e Silva e Almeida (2014), onde foi constatado que *S. aureus* e *E. coli* não tiveram seu crescimento inibido por *C. guianensis*. Com relação a espécie *Copaifera* spp., outros estudos demonstraram atividade moderada do óleo contra *S. aureus* e *E. coli* (ENDONCA; ONOFRE, 2009; ALENCAR et al., 2015; MENEGUETTI, MENEGUETTI, SIVIERO, 2019) e de compostos isolados do óleo contra *S. pneumoniae* (ABRÃO et al., 2015). Essa diferença pode ter ocorrido visto que no gênero *Copaifera*, existem diversas espécies, que podem conter componentes químicos diferentes e também apresentar atividades distintas. Isso também pode ocorrer em plantas de localidades diferentes, o que também pode justificar esse resultado.

Os óleos testados também não apresentaram atividade contra a bactéria *K. pneumoniae*, que é um patógeno oportunista, responsável por diversos tipos de infecções nosocomiais e considerado um microrganismo multirresistente (SOUSA et al., 2019). Resultado negativo também foi encontrado em outro estudo com espécies do gênero *Copaifera* (PIERI et al., 2012), corroborando com os dados do presente estudo. No mesmo sentido o estudo de Silva e Almeida (2014), demonstrou baixa atividade do extrato bruto da casca e caula de *C. guianensis* contra *K. pneumoniae*, demonstrando que essa espécie pode conter metabólitos secundários que após serem isolados podem apresentar atividade bactericida.

C. albicans é um patógeno nosocomiais, principalmente nas infecções fúngicas hospitalares e fungemias (NUNES et al., 2011). Essa foi a única espécie de fungo testado no presente estudo, não tendo os óleos testados apresentando atividade inibitória. Assim

como também foi observado por Menezes et al. (2014) com a espécie *C. guianensis* e por Alencar et al. (2015) com *Copaifera* spp..

Não foram encontrados outros estudos do potencial microbiano do óleo de *B. excelsa*, assim como demonstrado por Meneguetti, Meneguetti e Siviero (2019).

4. CONCLUSÃO

Constatou-se na análise físico-química dos óleos de *C. guianensis*, *B. excelsa* e *Copaifera* spp. que o índice de acidez somente o óleo de castanha-da-Amazônia ficou abaixo do valor médio estabelecido como referência pela Anvisa, o grau de oxidação somente o óleo de copaíba tem valores abaixo do estabelecido, e para o índice de saponificação somente a copaíba apresentou valores abaixo aos estabelecidos, e não apresentaram atividade inibitória de *S. aureus*, *S. pneumoniae*, *E. coli*, *K. pneumoniae* e *C. albicans*. É importante ressaltar que são necessários outros estudos futuros utilizando métodos distintos para análise microbiológica, visto a complexibilidade que é utilizar óleos nesse tipo de pesquisa (devido a ação heterogênea com meio aquoso). Também são indicados estudo utilizando frações e compostos isolados dos óleos, o que possibilitaria provavelmente uma melhor solubilidade compostos se comprados com o óleo bruto, propiciando assim talvez resultados mais promissores.

5. REFERÊNCIAS

ABRÃO, F.; COSTA, L.D.A.; ALVES, J.M.; SENEDESE, J.M.; CASTRO, P.T.; AMBRÓSIO, S.R.; et al. *Copaifera langsdorffii* oleoresin and its isolated compounds: antibacterial effect and antiproliferative activity in cancer cell lines. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 15, n. 443, p. 1-10, 2015.

ALENCAR, E.M.; XAVIER-JÚNIOR, F.H.; MORAIS, A.R.; DANTAS, T.R.; DANTAS-SANTOS, N.; VERISSIMO, L.M. Chemical Characterization and Antimicrobial Activity Evaluation of Natural Oil Nanostructured Emulsions. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology**, v. 15, n. 1, p. 880-888, 2015.

AMERICAN OIL CHEMISTS' SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. 4ª ed. Champaign, USA, AOCS, 1990.

BRANDT-ROSE, S.; MILLER, R. E. Studies with the Agar Cup-Plate Method I. A Standardized Agar Cup-Plate Technique. **Journal of Bacteriology**, v. 38, n. 5, p. 525-537, 1939.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n. 270, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2005.

BRICKS, L.F.; BEREZIN, E. Impacto da vacina conjugada contra *Streptococcus pneumoniae* em doenças invasivas. **J Pediatr**, v. 82, n. 3 Supl, p. s67-s74, 2006.

BRITO, M.V.H.; BRAZÃO, R.V.; SIQUEIRA, R.B.P.; SANTOS, M.T. Efeito do óleo de andiroba em cultura de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*: estudo in vitro. **Revista Paraense Medicina**, v. 15, n. 1, p. 36-40, 2001.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex-Stan 210**: codex standard for named vegetable oils. Roma: FAO/WHO Food Standards, 2009.

ENDONCA, D.E.; ONOFRE, S.B. Atividade antimicrobiana do óleo-resina produzido pela copaiba - *Copaifera multijuga* Hayne (Leguminosae). **Rev bras farmacogn**, v. 19, n. 2b, p. 577-581, 2009.

FREIRE, R.M.M. **Ricinoquímica**. In: AZEVEDO, D.M.P. de; LIMA, E.F. O agronegócio da mamona no Brasil. Comunicação para transferência de tecnologia, 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v.1.**: Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos, 3ª ed. São Paulo: IMESP, 1985.

LANG, G.; MAYHUNDIN, N.A.; MITOVA, M.I.; SUN, L.; VAN DER SAR, S.; BLUNT, J.W.; et al. Evolving trends in the dereplication of natural products extracts: New methodology for rapid, small-scale investigation of natural products. **Journal of Natural Products**, v. 71, n. 9, p. 1595-1599, 2008.

MARTINS, A.H. **Tecnologia de obtenção de óleos e gorduras**. Disponível em <<https://pt.scribd.com/doc/40480763/TECNOLOGIA-DE-OBTENCAO-DE-OLEO-E-GORDURAS>>. Acesso em 11/10/2017.

MENEGUETTI, N.F.S.P.; MENEGUETTI, D.U.O.; SIVIERO, A. Biotechnological potential of the *Carapa guianensis*, *Bertholletia excelsa* and *Copaifera* spp. oils. **Journal of Medicinal Plant Research**, v. 13, p. 413-422, 2019.

MENEGUETTI, N.F.S.P.; SIVIERO, A. **Potencial Biotecnológico de espécies vegetais oleaginosas ocorrentes em comunidades extrativistas do Acre**. In: SIVIERO, A.; SANTOS, R.C.; MATTAR, E.P.L. Conservação e Tecnologias para o Desenvolvimento Agrícola e Florestal do Acre. IFAC, 2019.

MENEGUETTI, N.F.S.P.; SOUZA, M.P. **A Evolução das Dimensões do Macromarketing Expandido no Processo Extrativo da Castanha-da-Amazônia: O Caso do Assentamento Canaã, Município de Ariquemes – RO**. Rio Branco-AC: Stricto Sensu Editora, 2019.

MENEZES, T.O.A.; NOGUEIRA, B.M.L.; MENEZES, S.A.F.; VIEIRA, J.M.S.; ALVES, A.C.B.A.M. Atividade Antifúngica de Óleos Essenciais e Extratos de Plantas Amazônicas Sobre *Candida Albicans*. **Anais do Congresso de Educação em Saúde da Amazônia (COESA)**, 2014.

NUNES, E.B.; NUNES, N.B.; MONTEIRO, J.C.M.S.; PAES, A.L.V. **Rev Pan-Amaz Saude**, v. 2, n. 4, p. 23-30, 2011.

REDA, S.Y.; CARNEIRO, P.I.B. Óleos e gorduras: aplicações e implicações. **Revista Analytica**, n. 27, p. 60-67, 2007.

SANTOS, A.L.; SANTOS, D.O.; FREITAS, C.C.; FERREIRA, B.L.A.; AFONSO, I.F.; RODRIGUES, C.R.; et al. Staphylococcus aureus: visitando uma cepa de importância hospitalar. **J Bras Patol Med Lab**, v. 43, n. 6, p. 413-423, 2007.

SILVA, F.R.P.; ALMEIDA, S.S.M.S. Análise fitoquímica e microbiológica da atividade do extrato bruto etanólico da Andiroba, *Carapa guianensis* Aubl. **Biota Amazônia**, v. 4, n. 4, p. 10-14, 2014.

SOUSA, A.T.H.I.; MAKINO, H.; BRUNO, V.C.M.; CANDIDO, S.L.; NOGUEIRA, B.S.; MENEZES, I.G.; NAKAZATO, L.; DUTRA, V. **Arq Bras Med Vet Zootec**, v. 71, n. 2, p. 584-593, 2019.

SOUZA, C.O.; MELO, T.R.B.; MELO, C.S.B.; MENEZES, E.M.; CARVALHO, A.C.; MONTEIRO, L.C.R. **Rev Pan-Amaz Saude**, v. 7, n. 2, p. 79-91, 2016 .

VIEIRA, J.S.C.; PEREIRA, E.C.; MACHADO, F.M.; GOMES, G.C.; MORAIS, M.M.; ALVES, W.S. Clarificação e Desodorização de Óleo Vegetal de Babaçu (*Orbinya Speciosa*) para Fins. In: **Congresso Norte-Nordeste de Pesquisa e Inovação (CONNEPI)**, Palmas - TO. IFTO, 2012.

ZENEBON, O.; PASCUET, N.S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

ANÁLISE CITOTÓXICA, GENOTÓXICA E MUTAGÊNICA DOS ÓLEOS DE *Bertholletia excelsa* E *Carapa guianensis*

Naila Fernanda Sbsczk Pereira Meneguetti¹, Hémilly Caroline da Silva Paixão², Sérgio Luiz Prolo Júnior², Clarice Maia Carvalho^{1,2,3}, Francisco Carlos da Silva⁴, Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti^{1,2,3,5} e Amauri Siviero¹

1. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal (Bionorte), Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, Acre, Brasil;
2. Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para Amazônia (PPGCITA), Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, Acre, Brasil;
3. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Saúde na Amazônia Ocidental (PPGCSAO), Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, Acre, Brasil;
4. Centro Universitário São Lucas, Ji-Paraná, Rondônia, Brasil;
5. Colégio de Aplicação (CAP) da Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, Acre, Brasil.

RESUMO

Os óleos de *Bertholletia excelsa* (Castanha da Amazônia) e *Carapa guianensis* (Andiroba), são amplamente utilizadas na região amazônica, porém são praticamente inexistentes estudos que demonstrem a segurança da utilização desses óleos, no sentido de não provocar alterações celulares e nucleares. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo realizar uma análise citotóxica, genotóxica e mutagênica dos óleos de e *B. excelsa* e *C. guianensis*. Os ensaios de citotoxicidade, mutagenicidade e genotoxicidade foram realizados utilizando o sistema *Allium cepa*, sendo averiguado a ocorrência de índice mitótico, micronúcleos, aberrações cromossômicas e nucleares. Constatou-se que os óleos de *B. excelsa* e *C. guianensis*, não apresentam ação citotóxica sobre células da semente de *A. cepa*. O óleo de *B. excelsa* também não apresenta ação mutagênica e genotóxica, diferentemente do óleo de *C. guianensis* que demonstrou tanto atividade mutagênica como genotóxica.

Palavras-chave: Castanha da Amazônia, Andiroba e Alterações celulares

ABSTRACT

The *Bertholletia excelsa* (Amazonian Chestnut) and *Carapa guianensis* (Andiroba) oils are widely used in the Amazon region, but there are practically no studies demonstrating the safety of using these oils, in the sense of not causing cellular and nuclear alterations. Therefore, the present study aimed to carry out a cytotoxic, genotoxic and mutagenic analysis of the oils of *B. excelsa* and *C. guianensis*. Cytotoxicity, mutagenicity and genotoxicity assays

were performed using the *Allium cepa* system, and the occurrence of mitotic index, micronuclei, chromosomal and nuclear aberrations was investigated. It was found that oils from *B. excelsa* and *C. guianensis* do not show cytotoxic action on *A. cepa* seed cells. The oil from *B. excelsa* also does not show mutagenic and genotoxic action, unlike the oil from *C. guianensis*, which showed both mutagenic and genotoxic activity.

Keywords: Amazon Nut, Andiroba and Cellular alterations

1. INTRODUÇÃO

A floresta amazônica representa mais de 7% da superfície do planeta e possui mais de 55 mil espécies de plantas já catalogado, que equivalem a 22% de todas as espécies do mundo (BACCARO et al., 2008; PIMENTEL et al., 2010; AMARAL; FIERRO, 2013), números esses que podem ser ainda maiores, visto diversas espécies que ainda nem foram catalogadas pela ciência.

A região amazônica é rica em espécies vegetais com elevado percentual de óleos, oferecendo uma variedade de oleaginosas e sementes ainda não exploradas, que podem ser uma provável fonte de matéria-prima para a produção de bioenergia, produção de fármacos e também como fonte de alimentos e suplementos alimentares (BACCARO et al., 2008; AMARAL; FIERRO, 2013; IHA, 2015).

Dois oleaginosas que são bastante utilizadas por populações tradicionais na região amazônica são *Bertholletia excelsa* (castanha-da-Amazônia) e *Carapa guianensis* (Andiroba) (MENEGUETTI, SIVIERO, 2019).

A amêndoa *in natura* de *B. excelsa* é a principal forma de consumo, entretanto, coprodutos como óleos podem ser explorados comercialmente, sendo de importância econômica para as comunidades locais (SANTOS, 2015; MENEGUETTI; SOUZA, 2019). O óleo extraído das sementes de *C. guianensis* é muito procurado para uso medicinal e cosméticos, é utilizado na medicina popular da região norte do Brasil (FERRAZ; CAMARGO; SAMPAIO, 2002; FARIAS et al., 2010; MENEGUETTI, SIVIERO, 2019; MENEGUETTI, MENEGUETTI, SIVIERO, 2019). Mesmos com todo esse potencial citado acima, são praticamente inexistentes estudos que demonstrem a segurança da utilização desses óleos, no sentido de não provocar alterações celulares e nucleares. Sendo assim o presente estudo teve como objetivo realizar uma análise citotóxica, mutagênica e genotóxica dos óleos de *B. excelsa* e *C. guianensis*.

2. MÉTODOS

2.1. AQUISIÇÃO DOS ÓLEOS

Os óleos das espécies *B. excelsa* e *C. guianensis* foram adquiridos no Projeto de Reflorestamento Econômico Consorciado Adensado (RECA), que tem sua sede no distrito de Nova Califórnia, Porto Velho, Rondônia, BR 364, Km 1071, distante 364 km da cidade de Porto Velho (capital de Rondônia) e 150 de Rio Branco (Capital do Acre), sendo um importante fornecedor de produtos e subprodutos orgânicos e frutíferos para ambos os estados.

2.2. ANÁLISE DA CITOTOXICIDADE, MUTAGENICIDADE E GENOTOXICIDADE

Os ensaios de citotoxicidade, genotoxicidade e mutagenicidade foram realizados no laboratório de Medicina Tropicada da Universidade Federal do Acre, onde utilizou o sistema *Allium cepa*. Para esse estudo utilizou-se sementes da variedade Baía periforme da marca Isla® (Isla Sementes LTDA, Brasil), sendo todas da mesma linhagem, livres de agroquímicos. Para cada óleo, foram utilizadas duas placas de petri revestidas com papel filtro (embebecido com 1 ml de óleo), contendo cerca de 100 sementes cada. Para o controle negativo (CN) foram utilizadas também duas placas de petri revestidas com papel filtro, contendo cerca de 100 sementes cada, porém sem os óleos.

As sementes foram mantidas em ambiente controlado com temperatura de 22 °C, sendo irrigadas uma vez ao dia com água mineral. Após 72h, as porções meristemáticas foram coletadas para a realização dos ensaios.

Foram confeccionadas 10 lâminas de cada amostra pela técnica de esmagamento corada com Orceína acética 2% seguindo o protocolo de Paixão et al. (2019). As lâminas foram analisadas e fotografadas sob objetivas de 20X e 40X em microscópio Zeiss® modelo Scope.A1. Após o registro fotográfico, as células foram contadas utilizando o software ImageJ versão 1.52d com auxílio do plugin Cell Counter.

As análises utilizando sistema teste vegetal *in vivo*, como o de *A. cepa*, estão validados por vários pesquisadores que realizaram de forma conjunta teste animal *in vitro* (VICENTINI et al., 2001; TEIXEIRA et al., 2003; FACHINETTO et al., 2007; BAGATINI et al., 2007). Outros estudos têm reportado uma concordância entre os sistemas teste vegetal e

sistema teste de mamíferos *in vivo* de 75 a 95% (GRANT, 1978; GRANT, 1982; GROVER et al., 1990; BAGATINI et al., 2007; MENEGUETTI et al., 2014; MENEGUETTI et al., 2015), justificando a escolha de experientos com *A. cepa*, para a realização da presente pesquisa.

2.2.1. Análise Citotóxica

O ensaio citotóxico foi realizado por meio da análise do índice mitótico (IM). Sendo quantificado a quantidade de células em mitose (prófase, metáfase, anáfase e telófase) (Figura 1) em 500 células por lâmina, totalizando 5 mil células por amostra (LEME; MARIN-MORALES, 2009).

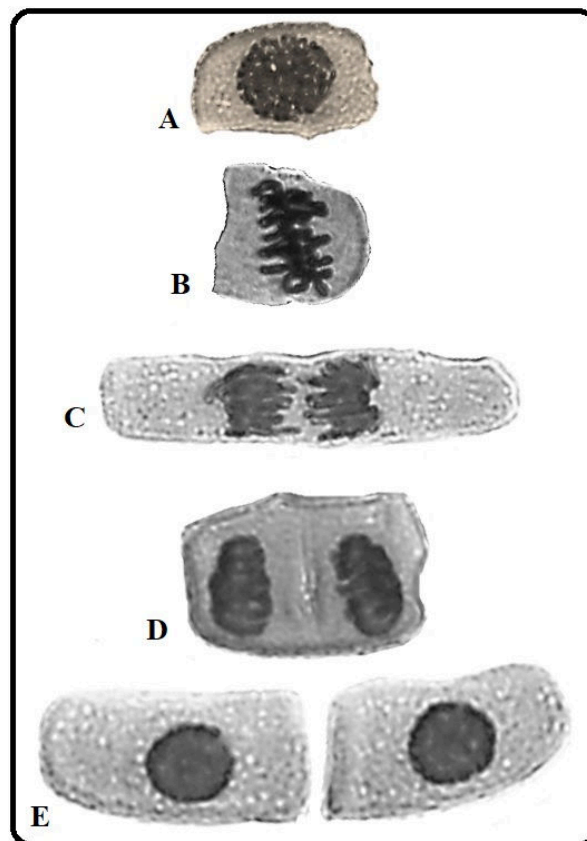


Figura 1. Células de *A. cepa* em mitose, aumento de 400X.

A: Célula em prófase; B: Célula em metáfase; C: Célula em anáfase; D: Célula em telófase; E: Células em interfase.

2.2.2. Análise Mutagênica

Para a análise mutagênica foram quantificados o número de Micronúcleos (MN) (Figura 2a) em 500 células em intérfase por lâmina, totalizando 5 mil células por amostra

(FISKESJÖ, 1988; FISKESJÖ, 1988; MENEGUETTI et al., 2014; ANACLETO; ROBERTO; MARIN-MORALES, 2017; SARGSYAN et al., 2018; PAIXÃO et al., 2019).

2.2.3. Análise Genotóxica

A análise genotóxica foi avaliada pela presença de alterações cromossômicas e nucleares (ACN) em 500 células em interfase e mitose por lâmina, totalizando 5 mil células por amostra. Foram identificadas as células que contém aberrações cromossômicas (aderência, poliploidia, perda, C-metáfase, multipolaridade, pontes anafásicas e pontes telofásicas) e anormalidades nucleares (células binucleadas, trinucleadas e núcleos lobulados) (PALSIKOWSKI et al., 2017; PROLO JÚNIOR et al., 2019).

2.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para o teste de normalidade foi aplicado o teste Shapiro-Wilk, sendo constatado que os dados são normais. Sendo assim para verificar as diferenças entre as médias dos números de MN e ACN dos 2 óleos em comparação com o controle negativo, foi realizado a Análise de Variância (ANOVA) seguida do teste Tukey. Utilizou-se para essa análise o Software Graphpad Prism, versão 8.0.

Para o calculo de Índice Mitótico foi aplicado a seguinte equação: $(\text{Número Total de Células em Mitose} \div \text{Número Total de Células} \times 100)$ e realizado a comparação estatística dos óleos com o CN com o teste Qui-Quadrado. Utilizou-se para essa análise o software Epi info, versão 7.2. Para ambos os testes foi considerado significativo quando $p < 0,05$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise citotóxica dos diferentes óleos de *B. excelsa* e *C. guianensis* sobre o ciclo celular de *A. cepa* podem ser observados na tabela 1.

Os óleos testados neste experimento produziram efeito sobre o processo de divisão celular das sementes de *A. cepa*, mas não foram detectados efeitos citotóxicos e sim um aumento no índice de divisão celular de forma significativo ($p < 0,001$) quando comparado ao CN.

Tabela 1. Índice mitótico de células de *A. cepa* após o tratamento com óleo de *B. excelsa* e *C. guianensis*.

| Tratamento | Número de Células | | | IM (%) |
|------------------------------|-------------------|-----------|--------|----------|
| | Total | Intérfase | Mitose | |
| CN | 5.000 | 4.816 | 184 | 3,82 |
| Óleo de <i>B. excelsa</i> | 5.000 | 4.534 | 466 | 9,32*** |
| Óleo de <i>C. guianensis</i> | 5.000 | 4.478 | 522 | 10,44*** |

*** (P<0,001); CN: Controle Negativo; IM: Índice Mitótico.

O processo de divisão celular pode ser alterado conforme a produção de alguns compostos, devido aos efeitos alelopáticos, que não agem sobre a germinação, mas sobre a velocidade de germinação, esse efeito pode inibir ou estimular o processo germinativo e de divisão celular (IGANCI et al., 2006; FERNANDES, 2018).

A redução do índice mitótico pode ocorrer pela interferência de agentes na permeabilidade das membranas celulares, na ativação de enzimas (IGANCI et al., 2006) e síntese de ácido desoxirribonucleico (DNA) (FERNANDES, 2018), efeitos esses que não foram observados no presente estudo. O aumento no índice mitótico pode ser benéfico, “acelerando o processo de regeneração de tecidos por exemplo”, ou maléfico quando levar a uma multiplicação desordenada, formando assim células e tecidos com alterações do material genético (MACEDA et al., 2015; COSTA; MONTEIRO; BATISTA, 2018), alterações essas que podem desencadear quadros graves e irreversíveis à saúde animal ou humana (PERON et al., 2009).

Alterações do material genético não foram observadas em células que tiveram contato com o óleo de *B. excelsa*, visto que não aumentou o número de MN e ACN, diferente do óleo de *C. guianensis*, que aumentou de forma significativa ($p<0,001$), o número de MN e ACN quando comparado com o CN (Figura 2 e Figura 3). No presente estudo as aberrações cromossômicas e nucleares mais observadas nas células de semente de *A. cepa* em contato com óleo de *C. guianensis* foram: célula binucleada, células com brotamento, célula com ponte anafásica, célula com ponte telofásica, células com organização tardia das cromátides, célula com brotamento e célula em anáfase com organização tardia das cromátides (Figura 3).

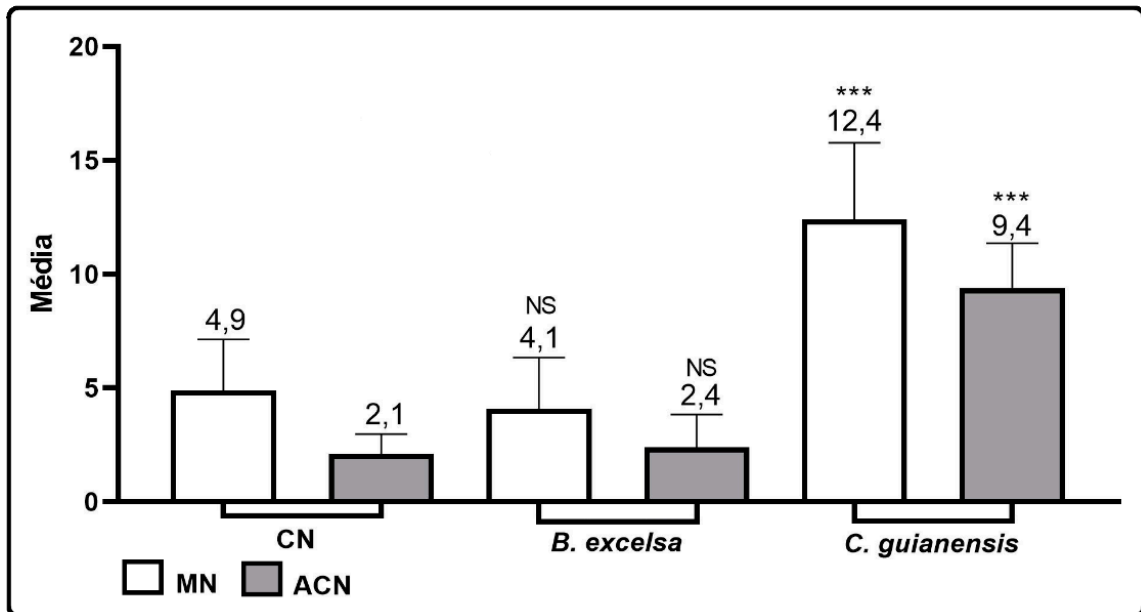


Figura 2. Média do número de MN e ACN encontradas em 5000 células de *A. cepa* germinadas em contato com óleo de *B. excelsa* e *C. guianensis*.
 *** ($P < 0,001$); CN: Controle Negativo; MN: Micronúcleo; ACN: Aberrações cromossômicas e nucleares.

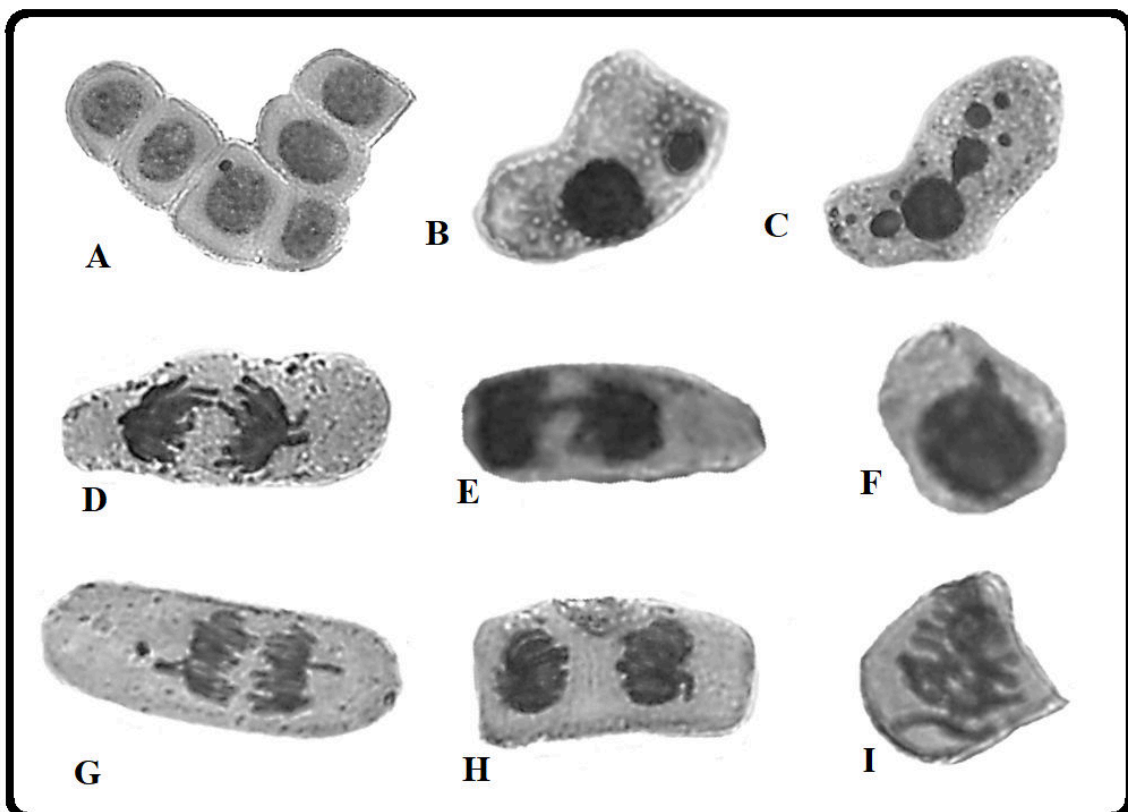


Figura 3. Alguns exemplos de alterações mutagênicas e genotóxicas em célula de *A. cepa* em contato com óleo *C. guianensis* (aumento de 400X).

A: Célula com micronúcleo; B: Célula binucleada; C: Células com brotamento e vários micronúcleos; D: Célula com ponte anafásica e com organização tardia das cromátides; E: Célula com ponte telofásica; F: Célula com brotamento; G: Célula em anáfase com organização tardia das cromátides e micronúcleo; H: Célula em telófase com organização tardia das cromátides; I: Célula em metáfase com cromossoma vagante.

O aumento do número de MN nas células tratadas com óleo de *C. guianensis* evidencia uma ação mutagênica desse óleo, visto que o aparecimento de micronúcleos é consequência de algumas aberrações cromossômicas que não foram revertidas, como por exemplo: quebra (clastogênica) ou perda (aneugênica) cromossômica, evidenciando claramente a manifestação de distúrbios do processo mitótico (GROVER; KAUR, 1999; BAGATINI et al., 2007; LEME; MARIN-MORALES, 2009; FREITAS et al., 2017). Além disso, o MN ainda pode derivar de outros processos como a poliploidização, nos quais se originam da eliminação do DNA excedente do núcleo principal, na tentativa de restaurar as condições normais da ploidia (FERNANDES et al., 2007; LEME; MARIN-MORALES, 2009).

A ação mutagênica do óleo de *C. guianensis*, foi corroborada com a ação genotóxica deste mesmo óleo, observado pelo aumento de ACN, essas que se não forem corrigidas pelo metabolismo celular, vão ocasionar mutações. O aumento de aberrações cromossômicas como resultado da exposição a agentes físicos ou químicos, podendo ser estruturais e numérica (LEME; MARIN-MORALES, 2009). As estruturais podem ser induzidas por vários fatores, como quebra de DNA, inibição da síntese de DNA e replicação de DNA alterado, já as numéricas podem ocorrer pela ação de agentes aneugênicos (ALBERTINI et al., 2000). Os mesmos fatores citados nesse parágrafo, ocasionam as aberrações nucleares (LEME et al., 2008).

Os dados mutagênicos e genotóxicos do óleo de *C. guianensis*, divergem com o estudo de Lemes et al. (2017) e Arrebola et al. (2013), onde os resultados obtidos mostraram que o óleo de *C. guianensis* não é citotóxico nem genotóxico para a medula óssea de camundongos, mostrando potencial medicinal como agente antimutagênico, modulando a mutagenicidade causada por mutagênicos químicos de ação direta e indireta. Essa diferença pode ter ocorrido devido as diferentes concentrações utilizadas nos estudos, onde Lemes et al. (2017) e Arrebola et al. (2013), utilizaram de 250 a 2000 mg/kg dos camundongos. Enquanto no presente estudo foi utilizado 1 ml de óleo (aproximadamente 950 mg), porém em sementes de *A. cepa*, essas que pesam poucas gramas, tendo o presente estudo então utilizado concentrações bem superiores as utilizadas por Arrebola et al. (2013) e Lemes et al. (2017).

Dados da literatura relatam diversos compostos presentes em *C. guianensis*, dentre eles, destacam-se por serem os majoritários: andirobina, α -humuleno, biciclogermacreno, bermacrene B, gedunina e seus derivados conhecidos como 7-deacetoxi-7-oxogedunina, 6 α -acetoxigedunina, 11 β -acetoxigedunina, 6 α ,11 β -acetoxigedunina, 6 α -hidroxigedunina,

6 β ,11 β diacetoxigedunina, 1,2-diidro-3 β -hidroxi-7-deacetoxi-7-oxo-gedunina, α -acetoxigedunina, β -acetoxigedunina e diidrogedunina (MECCIA et al., 2013; BRASIL, 2015).

Foram descritos também a presença de 6 α -acetoxi-epoxiazadiradiona, 1,3-di-benzeno carbo amino-2-octadecílico acil-glicerídeo, ácido triacontanóico, 2,6- dihidroxi-metil-benzoato, 3,4-dihidroxi-metil-benzoato, ácido tetratriacontanóico, naringenina, ácido ursólico, escopoletina, ácido hexacosanóico 2,3-dihidroxi-glicérido, epoxi-azadiradiona, angolensato de metila, 4-epoxiazadiradiona, angolensatedina de metila, 4,4,8-trimetil-17-furanilesterioide, limonoides carapanolides A e B, 3 β -deacetilfissinolideo, ocotilloneo, β -fotogedunina, cabraleadiol, α -diidroxitерpeno, α -11- β -triidroxitерpeno, 6 β -acetoxigedunina, ácido esteárico, ácido hexadecenóico, ácido mirístico, ácido oleico e, em menores quantidades, os ácidos linoleico, araquídico, palmítico, palmitoleico (BRASIL, 2015), trans-2-Hexenal, E-2-Hexen-1-ol, Cyclosativene, α -Copaene, β -Elemene, α -Gurjunene, trans- β -Caryophyllene, γ -Elemene, Aromadendrene, allo-Aromadendrene, γ -Muurolene, Germacrene D, β -Selinene, Epizonarene, Germacrene A, γ -Cadinene, δ -Cadinene, Viridiflorol, 1H-Cycloprop[e]azulen-4-ol e T-Cadinol (MECCIA et al., 2013; BRASIL, 2015).

Entre os componentes majoritários o α -humuleno e o biciclogermacreno são sesquiterpenos e mostraram uma citotoxicidade elevada contra celulares tumorais (com alterações genéticas) (SILVA et al., 2007). Então acredita-se que esses componentes e outros com atividades semelhantes, podem estar agindo sobre as células que apresentaram alterações cromossômicas, provocando assim, também um aumento de aberrações nucleares, essas que indicam um processo de morte celular programada “apoptose” (LEME et al., 2008; GRECCO et al., 2014; NIH, 2020).

Acredita-se que o aumento de número de micronúcleos e aberrações cromossômicas possam estar ocorrendo devidos aos componentes minoritários *C. guianensis* ou a interação entre eles, visto que nos componentes majoritários não foi encontrado estudos que demonstrem essa atividade.

4. CONCLUSÃO

Constatou-se que os óleos de *B. excelsa* e *C. guianensis*, não apresentam ação citotóxica sobre células meristemáticas de *A. cepa*. O óleo de *B. excelsa* também não

apresenta ação mutagênica e genotóxica, diferentemente do óleo de *C. guianensis* que demonstrou tanto atividade mutagênica como genotóxica na concentração testada.

São indicados estudos futuros com diferentes concentrações, para demonstrar a partir de qual concentração *C. guianensis*, passa a ser mutagênica e genotóxica, afim de definir um parâmetro segundo para sua utilização *in natura*. Também são indicados estudos de fracionamento e isolamentos dos compostos, para identificar quais estão influenciando no aumento do índice mitótico e quais apresentam ação mutagênica e genotóxica.

5. REFERÊNCIAS

ALBERTINI, R.J.; ANDERSON, D.; DOUGLAS, G.R.; HAGMAR, L.; HEMMINK, K.; MERLO, F.; et al. IPCS guideline for the monitoring of genotoxic effects of carcinogens in humans, International Programme on Chemical Safety, **Mutat Res**, v. 463, p. 111–172, 2000.

AMARAL, L.F.G.; FIERRO, I.M. Pro le of medicinal plants utilization through patent documents: the andiroba example. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 23, n. 4, p. 716-722, 2013.

ANACLETO, L.R.; ROBERTO. M.M., MARIN-MORALES, M.A. Toxicological effects of the waste of the sugarcane industry, used as agricultural fertilizer, on the test system *Allium cepa*. **Chemosphere**, v. 173, p. 31-42, 2017.

ARREBOLA, D.F.A.; FERNÁNDEZ, L.A.R.; ROCHE, L.D.; LAURENCIO, A.A.; FERNÁNDEZ, Y.E.S.; NOVOA, A.V. Evaluación genotóxica del extracto oleoso de la semilla de *Carapa guianensis* Aublet en el ensayo de aberraciones cromosómicas en ratones Balb/c. **Rev Cubana Farm**, v. 47, n. 3, 2013.

BACCARO, F.B.; DRUCKER, D.P.; VALE, J.; OLIVEIRA, M.L.; MAGALHÃES, C.; LEPSCH-CUNHA, N.; et al. **A Reserva Ducke**. In: OLIVEIRA, M.L.; BACCARO, F.B.; BRAGA-NETO, R.; MAGNUSSON, W.E. Reserva Ducke: A Biodiversidade Amazônica através de uma grade. Manus: Áttema Design Editorial, 2008.

BAGATINI, M.D.; SILVA, A.C.F.; TEDESCO, S.B. Uso do sistema teste de *Allium cepa* como bioindicador de genotoxicidade de infusões de plantas medicinais. **Rev Bras Farmacogn**, v. 17, n. 3, p. 444-447, 2007.

BRASIL. Ministério Da Saúde **Monografia da Espécie *Carapa Guianensis* Aubl. (Andiroba)**, Brasília – DF, 2015.

COSTA, V.M.; MONTEIRO, C.A.B.; BATISTA, N.J.C. Avaliação genotóxica e mutagênica de amostras de efluentes tratados por lagoas de estabilização em Teresina-Piauí. **Revista DAE**, v. 66, n. 209, 2018.

FACHINETTO, J.M.; BAGATINI, M.D.; DURIGON, J.; SILVA, A.C.F.; TEDESCO, S.B. Efeito anti-proliferativo das infusões de *Achyrocline satureioides* DC (Asteraceae) sobre o ciclo celular de *Allium cepa*. **Rev Bras Farmacogn**, v. 17, p. 49-54, 2007.

FARIAS, M.P.O.; TEIXEIRA, W.C.; WANDERLEY, A.G.; ALVES, L.C.; FAUSTINO, M.A.G. Avaliação *in vitro* dos efeitos do óleo da semente de *Carapa guianensis* Aubl. sobre larvas de nematóides gastrintestinais de caprinos e ovinos. **Rev Bras PI Med**, v. 12, n. 2, p. 220-226, 2010.

FERNANDES, J.F.N.; SILVA, B.S.S.; FONTES, R.M.S.; CÂNDIDO, W.P.; MALAVASI, N.V. Avaliação do potencial citotóxico e mutagênico/genotóxico do látex de janaúba (*Synadenium grantii* Hook. f., Euphorbiaceae). **Rev Pan-Amaz Saude**, v. 9, n. 1, p. 59-65, 2018.

FERNANDES, T.C.C.; MAZZEO, D.E.C.; MARIN-MORALES, M.A. Mechanism of micronuclei formation in polyploidized cells of *Allium cepa* exposed to trifluralin herbicide, **Pest Biochem Physiol**, v. 88, p. 252–259, 2007.

FERRAZ, I.D.K.; CAMARGO, J.L.C.; SAMPAIO, P.T.B. Sementes de plântulas de andiroba (*Carapa guianensis* AUBL. e *Carapa procera* D. C.): aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. **Acta Amazônica**, v. 32, n. 4, p. 647-661, 2002.

FISKESJÖ, G. The *Allium* test – an alternative in environmental studies: the relative toxicity of metal ions. **Mutation Research**, v. 197, p. 243-260, 1988.

FISKESJÖ, G. The *Allium* test as a standard in environmental monitoring. **Hereditas**, v. 102, n. 1, p. 99-112, 1985.

FREITAS, A.G.; LIMA, D.G.; BORTOLINI, M.J.S.; D.U.O.; SANTOS, E.F.S.; MACEDO JUNIOR, H.; SILVA, R.P.M. Comparison of the nutritional status in children aged 5 to 10 years old on the Conditional Cash Transfer Programme in the States of Acre and Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista Brasileira de Crescimento e Desenvolvimento Humano**, v. 27, p. 35-41, 2017.

GRANT, W.F. Chromosome aberrations assay in A report of the U.S. Environmental Protection Agency Gene-Tox Programme. **Mutation Res**, v. 99, p. 273-291, 1982.

GRANT, W.F. Chromosome aberrations in plants as a monitoring system. **Environ Health Persp**, v. 27, p. 37-43, 1978.

GRECCO, S.S.; MARTINS, E.G.A.; GIROLA, N.; FIGUEIREDO, C.R.; MATSUO, A.L.; SOARES, M.G.; et al. Efeito citotóxico e composição química do óleo essencial das folhas de *Nectandra leucantha* Ness & Mart. **37ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**, 2014.

GROVER, I.S.; DHINGRA, A.K.; ADHIKARI, N.; LADHAR, S.S. Genotoxicity of pesticides and systems. **Progr Clin Biol Res**, v. 340e, p. 91-106, 1990.

GROVER, I.S.; KAUR, S. Genotoxicity of wastewater samples from sewage and industrial effluent detected micronucleus assays. **Mutat Res**, v. 426, p. 183-188, 1999.

IGANCI, J.R.V.; BOBROWSKI, V.L.; HEIDEN, G.; STEIN, V.C.; ROCHA, B.H.G. Efeito do Extrato Aquoso de Diferentes Espécies de Boldo sobre a Germinação e Índice Mitótico de *Allium Cepa* L. **Arq Inst Biol**, v. 73, n. 1, p. 79-82, 2006.

IHA, O.K. **Estudo de oleaginosas alternativas e de catalisadores heterogêneos na produção de ácidos graxos, ésteres metílicos e hidrocarbonetos**. (Tese) Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Química Laboratório de Materiais e Combustíveis da Universidade de Brasília. Brasília – DF, 2015.

LEME, D.M.; ANGELIS, D.F.; MARIN-MORALES, M.A. Action mechanisms of petroleum hydrocarbons present in waters impacted by an oil spill on the genetic material of *Allium cepa* root cells, *Aquat. Toxicol*, v. 88, p. 214–219, 2008.

LEME, D.M.; MARIN-MORALES, M.A. *Allium cepa* test in environmental monitoring: A review on its application. **Mutation Research/Reviews in Mutation Research**, v. 692, p. 71-81, 2009.

LEMES, S.R.; CHAVES, D.A.; SILVA JÚNIOR, N.J.; CARNEIRO, C.C.; CHEN-CHEN, L.; ALMEIDA, L.M.; et al. Antigenotoxicity protection of *Carapa guianensis* oil against mitomycin C and cyclophosphamide in mouse bone marrow. **An Acad Bras Ciênc**, v. 89, n. 3, supl., p. 2043-2051, 2017.

MACEDA, E.B.; GRISOLIA, A.B.; VAINI, J.O.; CANDIDO, L.S.; et al. Uso de biomarcadores para monitoramento das águas do Córrego Arara no município de Rio Brilhante, MS, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 1, 2015.

MECCIA, G.; QUINTERO, P.; ROJAS, L.B.; USUBILLAGA, A.; VELASCO, J.; DIAZ, T.; et al. Chemical composition of the essential oil from the leaves of *Carapa guianensis* collected from Venezuelan Guayana and the antimicrobial activity of the oil and crude extracts. **Nat Prod Commun**, v. 8, n. 11, p. 1641-1642, 2013.

MENEGUETTI, D.U.O.; LIMA, R.A.; DA SILVA, F.C.; PASSARINI, G.M.; FACUNDO, J.B.; PAGOTTO, R.C.; et al. Acute genotoxicity analysis in vivo of the aqueous extract of *Maytenus guyanensis* Amazonian chichuá. **Revista Brasileira de Farmacognosia (Impresso)**, v. 25, p. 164-169, 2015.

MENEGUETTI, D.U.O.; LIMA, R.A.; SILVA, J.B.; SILVA, R.P.; PAGOTTO, R.C.; FACUNDO, V. A Análise Citotóxica e Mutagênica do Extrato Aquoso de *Maytenus guyanensis* Klotzsch Ex Reissek (Celastraceae) Chichuá (Xixuá) amazônico. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 3, p. 301-309, 2014.

MENEGUETTI, N.F.S.P.; MENEGUETTI, D.U.O.; SIVIERO, A. Biotechnological potential of the *Carapa guianensis*, *Bertholletia excelsa* and *Copaifera* spp. oils. **Journal of Medicinal Plant Research**, v. 13, p. 413-422, 2019.

MENEGUETTI, N.F.S.P.; SOUZA, M.P. **A Evolução das Dimensões do Macromarketing Expandido no Processo Extrativo da Castanha-da-Amazônia: O Caso do Assentamento Canaã, Município de Ariquemes – RO**. Rio Branco – AC: Stricto Sensu Editora, 2019.

NIH. U.S. National Library of Medicine National - Center for Biotechnology Information. **Humulene**. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Humulene>>. Acesso em: 12/01/2020.

PAIXÃO, H.C.S.; PROLO JÚNIOR, S.L.; SILVESTRE, L.N.S.; SILVA, R.P.M.; MENEGUETTI, D.U.O. **O teste de micronúcleo e suas diferentes aplicabilidades para análise da genotoxicidade**. In: MENEGUETTI, D.U.O.; SILVA, R.P.M. (Org.). *Ciência da Saúde na Amazônia Ocidental*. 1ª ed. Rio Branco-AC: Stricto Sensu Editora, 2019.

PALSIKOWSKI, P.A.; ROBERTO, M.M.; SOMMAGGIO, L.R.D.; SOUZA, P.M.S.; MORALES, A.R.; MARIN-MORALES, M.A. Ecotoxicity Evaluation of the Biodegradable Polymers PLA, PBAT and its Blends Using *Allium cepa* as Test Organism. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 26, p. 938–945, 2017.

PERON, A.P.; CANESIN, E.A.; CARDOSO, C.M.V. Potencial mutagênico das águas do Rio Pirapó (Apucarana, Paraná, Brasil) em células meristemáticas de raiz de *Allium cepa* L. **Revista brasileira de Biociências**, v. 7, n. 2, p. 155-159, 2009.

PIMENTEL, F.A.; CARDOSO, M.G.; BATISTA, L.R.; GUIMARÃES, L.G.L.; SILVA, D.M. Ação fungitóxica do óleo essencial de *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. e K. Shum sobre o *Aspergillus avus* isolado da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*). **Acta Amazônica**, v. 40, n. 1, p. 213-220, 2010.

PROLO JÚNIOR, S.L.; PAIXÃO, H.C.S.; SILVESTRE, L.N.S.; SILVA, R.P.M.; MENEGUETTI, D.U.O. **Análise genotóxica: métodos e aplicações**. In: MENEGUETTI, D.U.O.; CARVALHO, C. M.; ZAN, R. A.; SILVA, R. P. M. (Org.). Ciência, Inovação e Tecnologia na Amazônia. 1ª ed. Rio Branco: Stricto Sensus Editora, 2019.

SANTOS, M.G. **Avaliação de estabilidade do extrato hidrossolúvel de castanha-do-brasil (bertholletia excelsa)**. (Dissertação) - Programa de Pós- Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA) da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SARGSYANA, A.; SIMONYAN, A.; HOVHANNISYAN, G.; ARAKELYAN, M.; AROUTIOUNIAN, R. Application of the comet assay, micronucleus test and global DNA methylation analysis in *Darevskia* lizards as a sentinel organism for genotoxic monitoring of soil pollution. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 835, p. 1-8, 2018.

SILVA, S.L.; FIGUEIREDO, P.M.; YANO, T. Avaliação citotóxica do óleo volátil extraído das folhas do *Zanthoxylum rhoifolium* Lam.. **Acta Amaz**, v. 37, n. 2, p. 281-286, 2007.

TEIXEIRA, R.O.; CAMPAROTO, M.L.; MANTOVANI, M.S.; VICENTINI, V.E.P. Assessment of two medicinal plants, *Psidium guajava* L. and *Achillea millefolium* L. in in vivo assays. **Genet Mol Biol**, v. 26, p. 551-555, 2003.

VICENTINI, V.E.P.; CAMPAROTO, M.L.; TEIXEIRA, R.O.; MANTOVANI, M.S. *Averrhoa carambola* L., *Syzygium cumini* (L.) Skeels and *Cissus sicyoides* L.: medicinal herbal tea effects on vegetal and test systems. **Acta Scientiarum**, v. 23, p. 593-598, 2001.

TRIAGEM DA AÇÃO ANTIPLASMODIAL *in vitro* DE COMPOSTOS E METABÓLITOS SECUNDÁRIOS ISOLADOS DE *Maytenus guianensis* KLOTZSCH EX REISSEK (CELASTRACEAE) CHICHUÁ AMAZÔNICO

Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti¹, Renato Abreu Lima², Fernanda Bay Hurtado³, Guilherme Matos Passarini⁴, Flávio Augusto de Souza Oliveira⁴, André Luiz Rodrigues Menezes⁵, Mariane Albuquerque Lima Ribeiro¹, Patrícia Soares de Maria de Medeiros⁴, Carolina Bioni Garcia Teles⁶, Júlio Sancho Linhares Teixeira Militão⁴ e Valdir Alves Facundo⁴

1. Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, Acre, Brasil;
2. Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Humaitá, Amazonas, Brasil;
3. Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Presidente Médice, Rondônia, Brasil;
4. Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Porto Velho, Rondônia, Brasil;
5. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Guajará-Mirim, Rondônia, Brasil;
6. Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Porto Velho, Rondônia, Brasil.

RESUMO

A espécie *Maytenus guianensis* é utilizada na medicina tradicional para o tratamento de diversas enfermidades com destaque para ação antiparasitária e anticancerígena, demonstrando um grande potencial etnofarmacológico a ser explorado e devido a isso o presente estudo objetivou realizar uma triagem da ação antiplasmodial e antileishmanial *in vitro* de compostos e metabólitos secundários isolados de *M. guianensis*. Foi possível evidenciar que a espécie *M. guianensis* possui atividade antiplasmodial, sendo indicados novos estudos, para o melhor entendimento do mecanismo de ação dos metabólitos e seus efeitos citotóxicos, com o intuito de melhorar a eficácia e segurança etnofarmacológica.

Palavras-chave: Triterpenos, *Plasmodium falciparum* e Etnofarmacologia.

ABSTRACT

The species *Maytenus guianensis* is used in traditional medicine for the treatment of various diseases, with emphasis on antiparasitic and anticancer action, demonstrating a great ethnopharmacological potential to be explored and, therefore, the present study aimed to screen the *in vitro* antiplasmodial and antileishmanial action of compounds and secondary metabolites isolated from *M. guianensis*. It was possible to show that the species *M.*

guianensis has antiplasmodial activity, and further studies are recommended for a better understanding of the mechanism of action of metabolites and their cytotoxic effects, with the aim of improving ethnopharmacological efficacy and safety.

Keywords: Triterpenes, *Plasmodium falciparum* and Ethnopharmacology.

1. INTRODUÇÃO

Diferentes pesquisas têm demonstrado o uso popular de plantas no tratamento de parasitoses como leishmaniose e malária, onde muitos compostos isolados, tais como chalconas, alcalóides, nalfitoquinonas, lignanas, neolignanas e terpenos já foram descritos com atividade promissora contra protozoários (QUELLETTE et al., 2004; SINGH; SIWAKUMAR, 2004), porém uma grande parte das plantas de uso medicinal ainda é desconhecida pela ciência, e dados mostram que mais de 95% das espécies endêmicas do Brasil ainda não têm seus princípios ativos identificados (FÃO et al., 2012), representando um grande potencial farmacológico e econômico a serem explorados, em especial as espécies vegetais amazônicas (CECHINEL FILHO; ROSENDO, 1998), visto que muitas ainda nem foram catalogadas pela ciência (ABREU et al., 2001).

Na Amazônia, existem inúmeras espécies de plantas que possuem propriedades medicinais, entre elas as pertencentes a família Celastraceae que possui espécies com importância terapêutica, pois apresentam diversas atividades farmacológicas, tais como: antiulcerogênica, inseticida, imunossupressora, antirreumática, antibacteriana, antiparasitária e anticâncer (FONSECA et al., 2007). No Brasil, essa família é representada por quatro gêneros: *Austroplenckia*, *Franhoferia*, *Maytenus* e *Salacia* (DE OLIVEIRA et al., 2006), sendo o gênero *Maytenus* o maior da família possuindo cerca de 200 espécies (NEGRI et al., 2009), ocorrendo no Brasil quase 40% das espécies conhecidas (CARVALHO-OKANO E LEITÃO-FILHO, 2004).

Dentre as espécies da região Norte, recebe destaque a espécie *Maytenus guianensis*, que é utilizada na medicina tradicional para o tratamento de diversas enfermidades com destaque para ação antiparasitária e anticancerígena (REVILLA, 2002; MACARI et al., 2006), demonstrando um grande potencial etnofarmacológico a ser explorado e devido a isso o presente estudo objetivou realizar uma triagem da ação antiplasmodial e antileishmanial *in vitro* de compostos e metabólitos secundários isolados de *Maytenus guianensis*.

2. MÉTODOS

2.1. COLETA E IDENTIFICAÇÃO DO MATERIAL VEGETAL

As cascas do caule e folhas de *M. guianensis* foram coletadas na Reserva Florestal Adolpho Ducke, localizada no Km 26 da Estrada Manaus-Itacoatiara (AM-010) (Latitude 02°53'S, Longitude 59°58'W). A identificação da espécie foi realizada no Herbário do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), exsicata nº 188.485.

2.2. PREPARO DO EXTRATO E FRAÇÕES

As cascas do caule foram secas em estufa (TE-394/2, Tecnal) com ventilação forçada a 50°C por 48 h, sendo em seguida realizado raspagem para retirada da entrecasca e aumentar a superfície de contato, sendo obtido 1,9 kg, estas que foram extraídas três vezes com acetona (3L x 3) em temperatura ambiente, durante 72 h, em cada ciclo. Os extratos foram filtrados e o solvente rotaevaporado (rotaevaporador TE-211, Tecnal) onde se obteve o Extrato Acetônico Bruto da Casca (EBC) em quantidades de 200g.

As Frações foram preparadas a partir de 50g do EBC, sendo fracionado em cromatografia de coluna com sílica gel, por meio de eluição com hexano, clorofórmio, acetato de etila e metanol até a exaustão, dando origem a 14,42g da Fração Hexânica da Casca (EHC), 12,55g da Fração Clorofórmica da Casca (FCC), 25,81g da Fração Acetato de Etila da Casca (FAC) e 28,19g da Fração Metílica da Casca (EMC).

2.3. ISOLAMENTO DOS METABÓLITOS SECUNDÁRIOS

Foram realizados o isolamento e purificação dos constituintes químicos do FHC visto que essa apresentou a melhor ação antiplasmodial entre as Frações (dados demonstrados nos resultados).

Os procedimentos foram realizados por meio de cromatografia em coluna de vidro, utilizando-se como fase fixa sílica gel da Merck e da Vetec (μm 63-200). O comprimento e diâmetro da coluna variou de acordo com as quantidades de amostras e de sílica utilizadas. Para cromatografia em camada delgada (CCD) utilizou-se cromatoplaças de gel de sílica 60

(μm 2-25) sobre poliéster T - 6145, Sigma Chemical CO (com indicador de fluorescência de 250 ηm).

Os solventes utilizados nas eluições cromatográficas foram: hexano, acetato de etila e metanol, puros ou combinados em gradiente crescente de polaridade. As revelações das substâncias cromatografadas em CCD se deram por exposição das cromatoplasmas analíticas à luz ultravioleta (UV), reveladas em um comprimento de onda (254 ηm) e por pulverização com revelador universal (mistura de etanol: ácido acético: ácido sulfúrico – 80:10:10), seguido de aquecimento em estufa a 100°C, por aproximadamente cinco minutos.

Os espectros de massas foram obtidos por meio de impacto eletrônico (70 Ev) em um aparelho de GC/MS Hewlett – Packard 5971 utilizando coluna capilar (30 m x 0,25 mm) dimetilpolisiloxano BD-1, tendo He como gás de arraste e as temperaturas de 250°C no injetor, 200°C no detector e na coluna variando 1°/min entre 35-180°C e 10°C/min no intervalo de 180-250°C.

A identificação estrutural dos constituintes químicos isolados das folhas e cascas de *M. guianensis*, foi realizada por meio de métodos espectroscópicos de Ressonância Magnética Nuclear de Hidrogênio-1 (RMN-¹H) e carbono-13 (RMN-¹³C), uni e bidimensional, Espectroscopia de Massa (EM) e espectroscopia na região do Infravermelho (IV).

2.4. AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIPLASMODIAL

Os testes foram realizados no Laboratório de Bioensaios de Malária e Leishmaniose da (FIOCRUZ) na Unidade de Porto Velho, Rondônia.

2.4.1. Cultivo do *Plasmodium falciparum*

As cepas W2 (resistentes à cloroquina) foram descongeladas e mantidas em cultura de suspensão de hemácias humanas de doadores voluntários do sistema ABO do tipo A ou O com fator Rh(+) com hematócrito de 5%, seguindo a técnica de Trager e Jensen (1976). O cultivo foi realizado em meio completo composto por RPMI 1640 (Sigma) suplementado com 5% de plasma humano desfibrinador A+ ou O+ ou com albumax (Gibco) na concentração final de 1%; Hepes 22,8 mM (Promega); glicose 11,1 mM (Sigma); HPX 0,36 mM (50 $\mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$) (Sigma); NaHCO₃ 23,8 mM (Merck); gentamicina 40 $\mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$ (Sigma). Os parasitos foram mantidos em estufa a 37°C, condicionados em garrafas de cultura de 25 cm² (Sarstedt) sob tensão de gases (5% de O₂ + 5% de CO₂ + N₂ balanceado). O

acompanhamento do desenvolvimento dos parasitos foi realizado por meio da preparação estendida em lâminas (esfregaço) para análise em microscópio óptico em aumento de 1000X.

2.4.2. Sincronização dos parasitos para utilização nos testes *in vitro*

Os cultivos com predomínio de anéis utilizados nos ensaios de quimioterapia foram obtidos por sincronização com sorbitol conforme descrito por Lambros e Vanderberg (1979). O meio de cultura foi retirado da garrafa, sendo adicionados ao sedimento contendo o sangue parasitado 10 mL de uma solução de sorbitol 5% e glicose 0,5%.

O conteúdo foi transferido para um tubo de centrifuga de fundo cônico de 15 mL (tipo Falcon) e incubado a 37 °C por 10 min. Após esse período o material foi centrifugado por 5 min a 1000 xg à temperatura ambiente de 24 °C. O sobrenadante foi retirado e o sedimento ressuspenso com meio RPMI suplementado com soro humano A+ ou O+ inativado, ajustando-se o hematócrito para 5%. Essa suspensão após transferência para uma placa de Petri ficou em repouso a 37°C por aproximadamente 10 min para sedimentação das hemácias. Posteriormente a parasitemia foi determinada por meio de esfregaço sanguíneo. O hematócrito e a parasitemia, pré-determinados para cada teste, foi ajustado com a adição de hemácias e meio RPMI completo em quantidades adequadas.

2.4.3. Preparo das placas para os ensaios de quimioterapia

Culturas de parasitos sincronizadas com predomínio de anéis de *P. falciparum* foram distribuídas em placas de cultura de 96 poços (KASVI K12-96) adicionando-se 180 µL/poço de meio de cultura RPMI contendo 0,05% de parasitemia e 1,5% de hematócrito para o teste de ELISA anti-HRP-II. Anteriormente a adição da suspensão dos parasitos, 20 µL dos compostos a serem testados foram adicionados à placa teste, em triplicata e em diferentes concentrações seriadas (100 - 0.31 mg/mL⁻¹). Os poços controles (seis por teste) continham hemácias normais não tratadas (controle negativo) e hemácias infectadas com o antimalárico Artemisinina (ART) controle positivo, este que foi testado em paralelo em todos os experimentos realizados em diluições seriadas de 500 à 7,8 ηg/mL⁻¹.

2.4.4. Teste imunoenzimático anti-HRP II

No ensaio imunoenzimático anti-HRP II (NOEDL et al., 2002) duas placas de 96 poços (KASVI K12-96) foram preparadas para cada experimento, uma placa-teste contendo os parasitos e os compostos a serem testados, e outra pré-sensibilizada com o anticorpo monoclonal anti-HRP II. As placas-testes foram incubadas por 24 h à 37 °C, e o conteúdo de seis poços (controle positivo) foi retirado e congelado à -20 °C para ser utilizado posteriormente como *background*. A placa foi novamente incubada por 48h nas condições ideais para o crescimento do parasito. Após 72 h de incubação, as placas foram congeladas e descongeladas duas vezes à -70 °C para que ocorresse a lise das hemácias. Para a sensibilização das placas no teste anti-HRP II, 100 µL do anticorpo primário (MPFM-55A ICLLAB®, EUA) a 1,0 µg/mL⁻¹ foi adicionado a cada poço da placa de ensaio (Maxysorp, Nunc, Denmark). Após incubação por 12 a 16h a 4°C, o conteúdo dos poços foi descartado e 200 µL/poço da solução de bloqueio (PBS-BSA 2%) adicionada, sendo a placa mantida à temperatura ambiente por 2h. Após esse tempo, o conteúdo dos poços passou novamente por descarte e a placa lavada três vezes com PBS-Tween 20 a 0,05% (PBS-T). A cada poço da placa foram adicionados 100 µL das amostras da cultura de *P. falciparum* hemolisadas. Em seis poços da placa foram adicionados 100 µL dos controles congelados nas primeiras 24h (*background*). A placa foi então incubada por 1h à temperatura ambiente, em câmara úmida, sendo em seguida lavada três vezes com PBS-T, adicionando-se a cada poço 100 µL do anticorpo secundário (MPFG55P ICLLAB®, EUA) diluído a 1:5.000. Após incubação à temperatura ambiente de 24 °C por 1h, em câmara úmida, a placa foi lavada três vezes com PBS-T e 100µL de uma solução de TMB – 3,3',5,5'-Tetrametilbenzidina (TMB) acrescentados a cada poço. A placa foi incubada entre 5 a 10 min à temperatura ambiente, ao abrigo da luz, e a reação interrompida adicionando-se 50 µL/poço de solução de ácido sulfúrico 1 mol/L. A leitura das absorbâncias foi realizada à 450nm em espectofotômetro de microplacas (leitor de ELISA) (BIO-RAD Modelo 3550).

2.4.5. Análise estatística antiplasmodial

A determinação da IC₅₀ foi realizada a partir de regressão linear, relacionando-se o percentual de inibição em função do logaritmo das concentrações testadas e admitindo-se

um intervalo de 99% ($p < 0,01$), para a reta obtida utilizando-se o programa Microcal Origin versão 8.0.

2.5. ENSAIOS *in vitro* DE CITOTOXICIDADE

2.5.1. Cultivo de linhagens celulares

As linhagens celulares HepG2 (derivada de um hepatoma humano) foram cultivadas como recomendado (CALVO-CALLE et al., 1994). As mesmas foram mantidas em garrafas de cultura de 75cm² (Corning) suplementadas em RPMI contendo 5% de soro fetal bovino (SBF) (Gibco/Invitrogen) e 40mg/L de gentamicina (Schering-Plough). As células foram mantidas em estufa com 5% de CO₂, a 95 % de umidade e a 37°C. O meio das garrafas foi substituído a cada dois dias. Após confluência de cerca de 80%, a cultura de células foi repicada, ou utilizada na realização de ensaios de citotoxicidade. Quando necessário, o congelamento das células foi realizado em ampolas de criopreservação com uma solução contendo 95% de SBF e 5% de DMSO (Sigma-Aldrich).

2.5.2. Preparo das placas

Para o preparo das placas testes, as células foram lavadas com meio sem SBF, tratadas com 1mL de tripsina-EDTA a 0,25% (Gibco/Invitrogen) e incubadas a 37 °C por 3 min, para que as células se descolassem da garrafa. Ao conteúdo resultante da tripsinização foram adicionados 9mL de meio completo, seguido por centrifugação a 80g por 5min na temperatura ambiente. O sobrenadante foi descartado e o sedimento ressuspensionado em meio completo contendo 5% SBF. Após a contagem, em câmara de Neubauer, a suspensão foi ajustada para 1x10⁵/mL e 180µL acrescentados a cada poço da microplaca. As células foram incubadas por 12 à 16h em estufa de CO₂ a 37 °C para adesão aos poços da microplaca. Em seguida, 20µL de meio completo contendo diferentes concentrações dos compostos (1000 - 1µg/mL) foram adicionados aos poços da microplaca. As placas foram incubadas por 24 h a 37 °C, 5% de CO₂ e 95% de umidade.

2.5.3. Ensaio de citotoxicidade utilizando MTT

A citotoxicidade foi determinada por meio do método colorimétrico do MTT (3- [(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difenil tetrazólio]) (MADUREIRA et al., 2002). Após 24 horas foi adicionado em cada poço, 20µL de MTT a uma concentração de mg/mL⁻¹ em PBS (p/v) e as placas ficaram por três horas em estufa 37 °C. Ao final desse período, o meio de cultura, juntamente com o excesso de MTT, foi desprezado e em seguida, 100µL de DMSO (Sigma-Aldrich) foram adicionados a cada poço. A leitura óptica foi feita utilizando um espectrofotômetro de microplacas em 570 nm.

2.5.4. Determinação da dose letal mínima (MDL₅₀) e índice de seletividade

A MDL₅₀ para a linhagem HepG2, foi determinada por meio de curvas dose-resposta, em função de regressão não linear, sendo utilizado o programa Origin (OriginLab Corporation, Northampton, MA, EUA), para calcular o mesmo.

O índice de seletividade (IS) das amostras testadas foi obtido calculando-se o valor de MDL₅₀ HepG2 dividido pelo valor de IC₅₀ da cepa W2 de *P. falciparum*. Valores maiores que 25 foram considerados não tóxicos, maiores que 10 e menores que 25 foram considerados parcialmente tóxicos, enquanto substâncias com valores abaixo de 10 foram consideradas tóxicas (BÉZIVIN et al., 2003).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. COMPOSTOS ISOLADOS

Do EHC foram isolados seis metabólitos secundários: 22β-hidroxi pristimerina, 22β-hidroxi tingenona (tingenina B), friedelinol, friedelina, 16β-hidroxi friedelina, 29-hidroxi friedelina. Tendo também um sétimo composto contituido pela união de dois metabólitos tingenina e tingenina B.

Todos os metabólitos isolados no presente estudo já foram descritas para a espécie *M. guianensis* pelo nosso grupo em outros estudos (FACUNDO et al., 2015).

Os metabólitos 16 β -hidroxifriedelina e 22 β -hidroxipristimerina não foram utilizados no teste antiplasmodial devido sua pouca solubilidade com os solventes.

3.2. AÇÃO ANTIPLASMODIAL

Entre as frações, as que apresentaram melhor ação anti-*P. falciparum* foram EHC com IC₅₀<1,563 μ g/mL, seguido do EMC e ECC com IC₅₀=13,98 μ g/mL e 50,92 μ g/mL respectivamente (Tabela 1). Já entre os metabólitos o que demonstrou melhor efeito antiplasmodial foi Tingenina B (Tabela 1 e Figura 1). Tingenina B também demonstrou não ser tóxico, de acordo com o Índice de seletividade primário que pode ser observado na tabela 2.

Tabela 1. Atividade anti-*P. falciparum* (cepa W2) de eluatos e metabólitos secundários isolados de *M. guianensis*.

| Amostras | IC ₅₀ (μ g/mL) Placa 1 | IC ₅₀ (μ g/mL) Placa 2 | IC ₅₀ (μ g/mL) (média \pm DP) |
|---|---|---|--|
| Eluato Hexânico da Entrecasca (EHC) | 4,15 | 18,38 | = 11,26 \pm 7,11** |
| Eluato Clorofórmico da Entrecasca (ECC) | 47,43 | 54,42 | = 50,92 \pm 3,49** |
| Eluato Acetato de Etila da Entrecasca (EAC) | > 100 | > 100 | > 100* |
| Eluato Metílico da Entrecasca (EMC) | 17,67 | 10,30 | = 13,98 \pm 3,68 ** |
| 29-hidroxifriedelina | > 100 | > 100 | > 100* |
| Friedelina | > 100 | > 100 | > 100* |
| Friedelinol | > 100 | > 100 | > 100* |
| Tingenina B | 2,64 | 11,75 | = 7,19 \pm 4,55*** |
| Artemisinina (ART) | 0,0088 | 0,0083 | = 0,0085 \pm 0,00025*** |

IC₅₀: Concentração inibitória de 50% da população em teste: IC₅₀ atividade baixa *(IC₅₀>100); IC₅₀ atividade moderada ** (10<IC₅₀>100); IC₅₀ atividade alta *** (IC₅₀≤10).

Tabela 2. Índice de seletividade primário de eluatos e Tingenina B isolado de *M. guianensis*.

| Amostras | IC ₅₀ (μ g/mL) (média \pm DP) | MTT - HepG2 MDL ₅₀ (μ g/mL) \pm DP | IS |
|---|--|---|--------------------|
| Eluato Hexânico da Entrecasca (EHC) | = 11,26 \pm 7,11 | =5,9 \pm 1,9 | \approx 0,52*** |
| Eluato Clorofórmico da Entrecasca (ECC) | = 50,92 \pm 3,49 | > 500 | \approx 9,81*** |
| Eluato Metílico da Entrecasca (EMC) | = 13,98 \pm 3,68 | > 500 | \approx 35,76* |
| Tingenina B | = 7,19 \pm 4,55 | > 250 | \approx 34,78* |
| Artemisinina (ART) | = 0,0085 \pm 0,00025 | > 50 | \approx 5882,35* |

IC₅₀: Concentração inibitória de 50% da população em teste. MDL₅₀: Dose letal mínima para 50% da população em teste. IS: Índice de seletividade: IS não-tóxico *(IS>25); IS parcialmente tóxico ** (10<IS>25); IS tóxico *** (IS≤10).

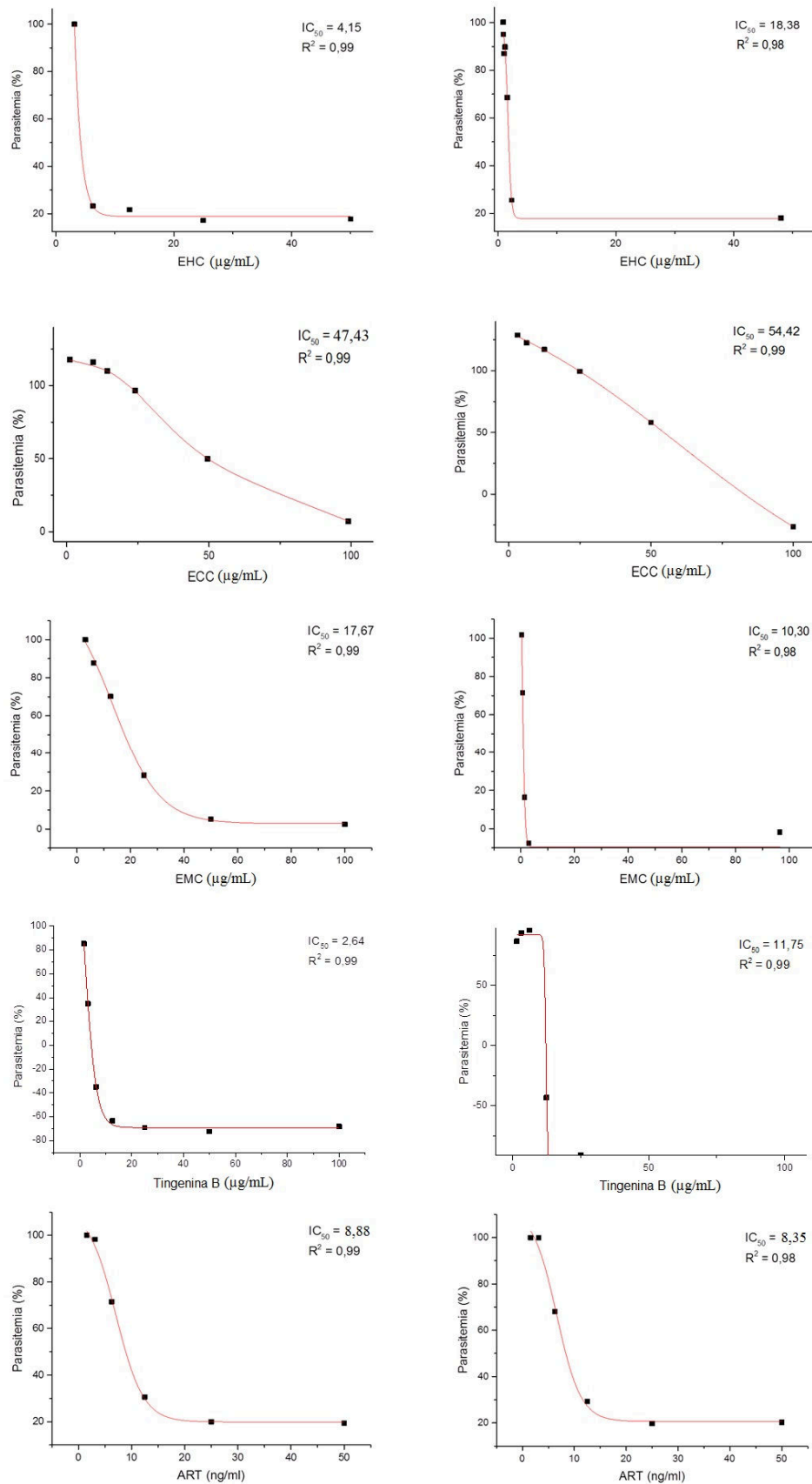


Figura 1. Atividade anti-*P. falciparum* (cepa W2) de eluatos e Tingenina B isolado de *M. guianensis*.

IC_{50} : Concentração inibitória de 50% da população em teste. R^2 : Análise de Regressão.

Em outro estudo o EHC de *M. guianensis* demonstrou uma alta ação anti- *P. falciparum*, porém, contra cepa 3D7 (sensível à cloroquina) com $IC_{50}=0,3\mu\text{g/mL}$ (HURTADO, 2013), diferente do presente estudo que testou contra cepa W2 (resistente à cloroquina) e mesmo assim apresentou resultado moderado.

A ação antiplasmodial de eluatos hexânicos contra *P. falciparum*, também já foi observada em outras espécies da região amazônica, tais como: *Xylopia aromática*, *Anemopaegma arvense*, *Cybistax antisiphilitica* e *Casearia sylvestris* (MENEGUETTI et al., 2014a).

A ação antioxidante já observada na espécie *M. guianensis* (MACARIET al., 2006) inibe a peroxidação lipídica (SANTOS-OLIVEIRA et al., 2009) e demonstra atividade quelante de metais pesados, além de agir sobre diferentes radicais livres (HO et al., 1992; MELO et al., 2001), o que pode ter relação com o efeito anti-*P. falciparum* observado no presente estudo.

Uma das prováveis explicações para a atividade antiplasmodial do EHC, ECC e EMC é a presença de terpenóides (FACUNDO et al., 2015), estes que tem demonstrado eficácia antiparasitária em vários estudos (MAES et al., 2004; TORRES-SANTOS et al., 2004; SULSEN et al., 2008; DANELLI et al., 2009; TELES et al., 2011; SANTOS et al., 2013; BARRERA et al., 2013; BEGUM et al., 2014; TOLEDO et al., 2014; SILVA et al., 2014b; BERNAL; COY-BARRERA, 2014, MENEGUETTI et al., 2015a), sendo também encontrados em outras espécies do gênero *Maytenus* (PINHEIRO et al., 1980; GONZALEZ et al., 1982; BAUDOIN et al., 1984; ITOKAWA et al., 1993; SHIROTA et al., 1994; SHIROTA et al., 1998; PIACENTE et al., 1999; SALAZAR et al., 1999; NAKAGAWA et al., 2004; DA SILVA et al., 2018; MENEGUETTI et al., 2015b; FACUNDO et al., 2015; MENEGUETTI et al., 2016; ARAGÃO MACEDO et al., 2019).

A atividade antiplasmodial também pode estar correlacionada ao efeito sinérgico entre os triterpenos existentes nestes eluatos (MENEGUETTI et al., 2016). Essa ação já foi observada com a combinação entre terpenóides e inibidores da atividade proteolítica do proteossomo, o que potencializou a ação antimalárica (GOULART, 2006). Os metabólitos secundários quando administrados concomitantemente com outros, podem apresentar diferentes efeitos dos apresentados pelos mesmos isoladamente, podendo diminuir a toxicidade, profilaxia no desenvolvimento de resistência dos parasitas as drogas, ou até mesmo apresentar a ação inversa, com aparecimento de efeitos tóxicos, diminuição da ação de uma ou mais drogas, ou até mesmo o aparecimento de um novo efeito que não é observado nos fármacos utilizados isoladamente (FIVELMAN et al., 2004).

Na busca de novos fármacos antimaláricos algumas combinações se demonstram eficazes, tais como: Malarone (combinação de atovaquone e proguanil) (SRIVASTAVA et al., 1997), Lapdap (combinação de cloroproguanil e dapsoma), Coartem (combinação de artemisinina e lumefantrina) e outras terapias que combinam derivados de artemisinina com artesunato-melgoquina, que além de potencializar o medicamento demonstrou eficácia na prevenção da resistência do parasita a droga (SILVA, 2012), efeito semelhante também foi observado com a combinação entre fosmidomicina, lincosamida, lincomicina e clidamicina em testes *in vitro* e *in vivo* (WIESNER et al., 2002).

O EHC e ECC apresentaram elevada citotoxicidade contra a linhagem celular HepG2 (célula neoplásica de fígado humano), o que desencoraja a realização de estudos futuros com esses eluatos contra *P. falciparum*. No entanto é importante lembrar que células HepG2 também são utilizadas para avaliação da genotoxicidade e antigenotoxicidade de extratos de plantas medicinais e componentes bioativos (ANGELI et al., 2010; YANG et al., 2011; PILLAY et al., 2013; SOUZA et al., 2013), sendo que a elevada citotoxicidade contra HepG2 pode representar uma possível atividade anticancerígena, o que vem de encontro com resultados antigenotóxicos descritos para o extrato aquoso de *M. guianensis* (MENEGUETTI et al., 2014b; MENEGUETTI et al., 2015a), sendo indicado estudos futuros para avaliação deste potencial.

Tingenina B que demonstrou os melhores resultados entre os isolados, também tem demonstrado em outros estudos atividade antiparasitária contra cepas de *P. falciparum* (sensíveis à cloroquina) com $IC_{50}=0.36\mu\text{g/mL}$ (MAREGESI et al., 2010), *Trypanosoma cruzi* $IC_{50}<0.25\mu\text{g/mL}$, *Trypanosoma brucei* $IC_{50}<0.25\mu\text{g/mL}$ e *Leishmania infantum* $IC_{50}<0.51\mu\text{g/mL}$ (MAREGESI et al., 2010), e *Leishmania amazonensis* (MENEGUETTI et al., 2016).

Tingenina B é um triterpeno pentacíclico com esqueleto quinonametideo, e outros compostos com esse mesmo esqueleto tem demonstrado um grande potencial para produção de drogas mais potentes contra protozoários (Lião et al., 2008; Santos et al., 2013). Acredita-se que a presença do grupamento ácido carboxílico confere a atividade antiprotozoária e triterpenos pentacíclicos com maior número de grupamentos hidroxilas apresentam maior ação antipromastigotas, esta característica química também é observada na Tingenina B (MENEGUETTI et al., 2016).

Estudos demonstram que os triterpenos podem estimular a fagocitose e granulocitose (Akihisa et al., 1996), provocando extravasamento citoplasmático, formação de corpúsculos lipídicos e inchaço mitocondrial (TELES et al., 2015), podendo também os terpenóides ativar

a morte celular programada (MESLIN et al., 2011) e a interferência de uma ou mais substâncias no processo de diferenciação celular destes parasitos em seus hospedeiros, resultando em um *turnover* de proteínas e destruição de organelas (DUSZENKO et al., 2011).

Também é relevante destacar que Tingenina B tem demonstrado atividade antitumoral (UFMG, 2015; SHIROTA et al., 1994; BAVOVADA, 1990), e no presente estudo não demonstrou ação citotóxica contra células HepG2, demonstrando um possível potencial deste metabólito, tanto para ação antiplasmodial como antigenotóxica.

4. CONCLUSÃO

Constatou-se que o EHC e EMC de *M. guianensis*, apresentaram os melhores resultados entre os eluatos contra cepa W2 de *P. falciparum* com $IC_{50}= 11,26 \mu\text{g/mL}$ e $IC_{50}=13,98\mu\text{g/mL}$ respectivamente, porém EHC apresentou citotoxicidade contra linhagem celular HepG2. Já entre os metabólitos isolados do EHC, o que apresentou melhor resultado contra *P. falciparum* foi a Tingenina B com $IC_{50}= 7,19 \mu\text{g/mL}$.

Foi possível evidenciar que a espécie *M. guianensis* possui atividade antiplasmodial, sendo indicados novos estudos, para o melhor entendimento do mecanismo de ação dos metabólitos e seus efeitos citotóxicos, com o intuito de melhorar a eficácia e segurança etnofarmacológica.

5. REFERÊNCIAS

ABREU, A.S.; BARBOSA, P.S.; MÜLLER, A.H.; GUILHON, G.M.S.P. Constituintes químicos do caule e das cascas do caule de *Croton pullei* var. *Glabrior* (Euphorbiaceae). **Revista Virtual de Iniciação Acadêmica da UFPA**, v. 1, p. 1-9, 2001.

AKIHISA, T.; YASUKAWA, K.; OINUMA, H.; KASAHARA, Y.; YAMANOUCHI, S.; TAKIDO, M.; et al. Triterpene alcohols from the flowers of compositae and their anti-inflammatory effects. **Phytochemistry**, v. 43, p. 1255-1260, 1996.

ALMEIDA, M.F.O.; MELO, A.C.R.; PINHEIRO, M.L.B.; SILVA, J.R.A.; SOUZA, A.D.L.; BARISON, A.; et al. Constituintes químicos e atividade leishmanicida de *Gustavia elliptica* (Lecythidaceae). **Química Nova**, v. 34, p. 1182-1187, 2011.

- BARRERA, P.; SÜLSEN, V.P.; LOZANO, E.; RIVERA, M.; BEER, M.F.; TONN, C.; et al. Natural Sesquiterpene Lactones Induce Oxidative Stress in *Leishmania mexicana*. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2013, p. e163404, 2013.
- BAUDOQUIN, G.; TILLEQUIN, F.; KOCH, M.; DAU, M.T.H.; GUILHEM, J.; JACQUEMIN, H. Two new sesquiterpene-ester alkaloids from *Maytenus myrsinoides* Reiss. (Celastraceae). **Heterocycles**, v. 22, p. 2221-2226, 1984.
- BAVOVADA, R.; BLASKÓ, G.; SHIEH, H.L.; PEZZUTO, J.M.; CORDELL, G.A. Spectral assignment and cytotoxicity of 22-hydroxytingenone from *Glyptopetalum sclerocarpum*. **Planta Medica**, v. 56, p. 380-382, 1990.
- Begum, S.; Ayub, A.; Qamar Zehra, S.; Shaheen Siddiqui, B.; Iqbal Choudhary, M.S. Leishmanicidal Triterpenes from *Lantana camara*. **Chemistry & Biodiversity**, v. 11, p. 709-718, 2014.
- BERNAL, F.A.; COY-BARRERA, E. In-Silico Analyses of Sesquiterpene-Related Compounds on Selected Leishmania Enzyme-Based Targets. **Molecules**, v. 19, p. 5550-5569, 2014.
- BETACOR, C.; FREIRE, R.; GONZALES, A.G.; SALAZAR, J.A.; PASCARD, C.; PRANGE, T. Three triterpenes and other terpenoids from *Catha cassinoides*. **Phytochemistry**, v. 19, p. 1989-1993, 1980.
- CARVALHO-OKANO, R.M.; LEITÃO-FILHO, H.F. **O gênero *Maytenus* Mol. emend. Mol. (Celastraceae) no Brasil extra-amazônico**. In: REIS, M.S.; SILVA, S.R. Conservação e uso sustentável de plantas medicinais e aromáticas: *Maytenus* spp. Espinheira Santa. Ibama, Brasília, 2004.
- CECHINEL, F.V.; ROSENDO, A.Y. Estratégias para a obtenção de compostos farmacologicamente ativos a partir de plantas medicinais. Conceitos sobre modificação estrutural para otimização da atividade. **Química Nova**, v. 21, p. 99-105, 1998.
- COSTA, E.V.; PINHEIRO, M.L.B.; XAVIER, C.M.; SILVA, J.R.A.; AMARAL, A.C.F.; SOUZA, A.D.L.; et al. A pyrimidine-beta-carboline and other alkaloids from *Annona foetida* with antileishmanial activity. **Journal of Natural Products**, v. 69, p. 292-294, 2006.
- DA SILVA, M.S.; SOUSA, D.P.; MEDEIROS, V.M.; FOLLY, M.A.B.; TAVARES, J.F.; BARBOSA-FILHO, J. Alkaloid, flavonoids, and pentacyclic triterpenoids of *Maytenus obtusifolia* Mart. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 36, p. 500-503, 2008.
- DANELLI, M.G.; SOARES, D.C.; ABREU, H.S.; PEÇANHA, L.M.; SARAIVA, E.M. Leishmanicidal effect of LLD-3 (1), a nor-triterpene isolated from *Lophanthera lactescens*. **Phytochemistry**, v. 70, p. 608-614, 2009.
- DE OLIVEIRA, D.M.; SILVA G.D.F.; DUARTE, L.P.; FILHO, S.A.V. Chemical constituents isolated from roots of *Maytenus acantophylla* Reissek (Celastraceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 34, p. 661-665, 2006.
- DOS SANTOS, V.A.; LEITE, K.M.; COSTA, SIQUEIRA. M.; REGASINI, L.O.; MARTINEZ, I. Antiprotozoal Activity of Quinonemethide Triterpenes from *Maytenus ilicifolia* (Celastraceae). **Molecules**, v. 18, p. 1053-1062, 2013.

DUARTE, L.P.; MIRANDA, R.R.S.; RODRIGUES, S.B.V.; SILVA, G.D.F.; VIEIRA-FILHO, S.A.; KNUPP, V.F. Stereochemistry of 16a-Hydroxyfriedelin and 3-Oxo-16-methylfriedel-16-ene Established by 2D NMR Spectroscopy. **Molecules**, v. 14, p. 598-607, 2009.

DUSZENKO, M.; GINGER, M.L.; BRENNAND, A.; GUALDRÓN-LÓPEZ, M.; COLOMBO, M.I.; COOMBS, G.H.; et al.; 2011. Autophagy in protists. **Autophagy**, v. 7, p. 127-158, 2011.

FACUNDO, V.A.; MENEGUETTI, D.U.O.; MILITÃO, J.S.L.T.; LIMA, R.A.; HURTADO, F.B.; CASSEB, A.A.; et al. Constituents from *Maytenus guianensis* Klotzsch ex Reissek (Celastraceae) Amazon Rainforest. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 58, p. 270-273, 2015.

FÃO, F.; ZAN, R.A.; BRONDANI, F.M.M.; RAMOS, L.J.; MENEGUETTI, D.U.O. Análise do potencial mutagênico da seiva da casca de *Croton lechleri* (Müll. Arg), no Estado de Rondônia, Amazônia Ocidental. **Revista Saúde e Biologia**, v. 7, p. 91-98, 2012.

FIVELMAN, Q.L.; ADAGU, I.S.; WARHURST, D.C. Modified fixed-ratio isobologram method for studying *in vitro* interactions between atovaquone and proguanil or dihydroartemisinin against drug-resistant strains of *Plasmodium falciparum*. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 48, p. 4097-4102, 2004.

FONSECA, A.P.N.D.; SILVA, G.D.F.; CARVALHO, J.J.C.; SALAZAR, G.D.C.M.; DUARTE, L.P.; SILVA, R.P. Estudo fitoquímico do decocto das folhas de *Maytenus truncata* Reissek e avaliação das atividades antinociceptiva, antiedematogênica e antiulcerogênica de extratos do decocto. **Química Nova**, v. 30, p. 842-847, 2007.

GONZALEZ, J.G.; DELLE MONACHE, G.; DELLE MONACHE, F.; MARINI-BETTOLO, G.B. Chuchuhuasha - a drug used in folk medicine in the Amazonian and Andean areas. A chemical study of *Maytenus laevis*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 5, p. 73-77, 1982.

GOULART, H.R. **Atividade proteolítica do proteossomo em *Plasmodium falciparum* como um possível alvo de drogas antimaláricas.** (Tese) Doutorado em Ciências Biologia da Relação Patógeno-Hospedeiro - Instituto de Ciências Biomédicas (ICB). Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil, 2006.

HURTADO, F.B. **Contribuição ao estudo fotoquímico e atividade biológico da entrecasca de *Maytenus guianensis klotzsch ex Reissek* (Celastraceae).** (Tese) Doutorado em Biologia Experimental - Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia, Brasil, 2013.

ITOKAWA, H.; SHIROTA, O.; MORITA, H.; TAKEYAA, K.; IITAKAB, Y. Sesquiterpene pyridine alkaloids from *Maytenus ebenifolia* Reiss. X-Ray molecular structure of ebenifoline W-1. **Journal of the Chemical Society**, v. 1, p. 1247-1254, 1993.

JELLER, A.H.; SILVA, D.H.S.; LIÃO, L.M.; BOLZANI, V.S.; FURLAN, M. Antioxidant phenolic and quinonemethide triterpenes from *Cheiloclinium cognatum*. **Phytochemistry**, v. 65, p. 1977-1982, 2004.

LAMBROS, C.; VANDERBERG, J.P. Synchronization of *Plasmodium falciparum* erythrocytic stages in culture. **The Journal of Parasitology**, v. 65, p. 418-420, 1979.

LEE, B.W.; SEO, W.D.; GAL, S.W.; YANG, M.S.; PARK, K.H. Quinone Methide Triterpenes from *Tripterygium regelii*. **Agricultural Chemistry & Biotechnology**, v. 47, p. 77-80, 2004

LIÃO, L.M.; SILVA, G.A.; MONTEIRO, M.R. Albuquerque S. Trypanocidal activity of quinonemethide triterpenoids from *Cheilocladium cognatum* (Hippocrateaceae). **Zeitschrift fur Naturforschung**, v. 63, p. 207-210, 2008.

LIMA, E.R.; MOREIRA, L.S.; FACUNDO, V.A.; SILVA-JARDIM, I.; TELES, C.B.G. Avaliação da bioatividade do extrato etanólico e triterpeno lupano obtidos de *Combretum leprosum* contra microorganismos. **Saber Científico**, v. 3, p. 53-69, 2011.

MACARI, P.A.T.; PORTELA, C.N.; POHLIT, A.M.. Antioxidant, cytotoxic and UVB-absorbing activity of *Maytenus guyanensis* Klotzch. (Celastraceae) bark extracts. **Acta Amazônica**, v. 36, p. 513-518, 2006.

MAES, L.; GERMONPREZ, N.; QUIRIJNEN, L.; VAN PUYVELDE, L.; COS, P.; VANDEN BERGHE, D. Comparative activities of the triterpene saponin maesabalide III and liposomal amphotericin B (AmBisome) against *Leishmania donovani* in hamsters. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 48, p. 2056-2060, 2004.

MAREGESI, S.M.; HERMANS, N.; DHOOGHE, L.; CIMANGA, K.; FERREIRA, D.; PANNECOUQUE, C.; et al. Phytochemical and biological investigations of *Elaeodendron schlechteranum*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 129, p. 319-326, 2010.

MARR, A.K.; MCGWIRE, B.S.; MCMASTER, W.R. Modes of action of leishmanicidal antimicrobial peptides. **Future Microbiology**, v. 7, p. 1047-1059, 2012.

MENEGUETTI, D.U.O.; et al. Screening of the in vitro antileishmanial activities of compounds and secondary metabolites isolated from *Maytenus guianensis* Klotzsch ex Reissek (Celastraceae) chichuá Amazon. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.49, p.579-585, 2016.

MENEGUETTI, D. U. O.; LIMA, R. A.; MACEDO, S. R. A.; BARROS, N. B.; FACUNDO, J. B.; MILITAO, J. S. L. T.; et al. Plantas Da Amazônia Brasileira Com Potencial Leishmanicida in vitro. **Revista de Patologia Tropical (Impresso)**, v. 44, p. 359-374, 2015.

MENEGUETTI, D.U.O.; CUNHA, R.M.; LIMA, R.A.; OLIVEIRA, F.A.S.; MEDEIROS, D.S.S.; PASSARINI, G.M. Antimalarial ethnopharmacology in the Brazilian Amazon. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 35, n. 4, p. 577-587, 2015a.

MENEGUETTI, D.U.O.; LIMA, R.A.; SILVA, F.C.; PASSARINI, G.M.; FACUNDO, J.B.; PAGOTTO, R.C.; et al. Acute genotoxicity analysis in vivo of the aqueous extract of *Maytenus guyanensis* Amazonian chichuá. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 25, p. 164–169, 2015b.

MENEGUETTI, D.U.O.; LIMA, R.A.; SILVA, J.B.; SILVA, R.P.; PAGOTTO, R.C.; FACUNDO, V.A. Análise citotóxica e mutagênica do extrato aquoso de *Maytenus guyanensis* Klotzsch Ex Reissek (Celastraceae) chichuá (xixuá) amazônico. **Ciência Natura**, v. 36, p. 301-309, 2014.

MESLIN, B.; ZALILA, H.; FASEL, N.; PICOT, S.; BIENVENU, A.L. Are protozoan metacaspases potential parasite killers? **Parasites & Vectors**, v. 4, p. 1-7, 2011..

MESQUITA, M.L.; DESRIVOT, J.; BORIES, C.; FOURNET, A.; PAULA, J.E.; GRELLIER, P.; et al. Antileishmanial and trypanocidal activity of Brazilian Cerrado plants. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 100, p. 783-787, 2005.

- NAKAGAWA, H.; TKAISHI, Y.; FUJIMOTO, Y.; DUQUE, C.; GARZON, C.; SATO, M.; et al. Chemical constituents from the Colombian medicinal plant *Maytenus laevis*. **Journal of Natural Products**, v. 67, p. 1919-1924, 2004.
- NEGRI, M.L.S.; POSSAMAI, J.C.; NAKASHIMA, T. Atividade antioxidante das folhas de espinheira-santa – *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss.; secas em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, p. 553-556, 2009.
- NOEDL, H.; WERNSDORFER, W.H.; MILLER, R.S.; WONGSRICHANALAI, C. Histidine-rich protein II: a novel approach to malaria drug sensitivity testing. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 46, p. 1658-1664, 2002.
- PEREIRA, I.O.; ASSIS, D.M.; JULIANO, M.A.; CUNHA, R.L.; BARBIERI, C.L.; DO SACRAMENTO, L.V.; et al. Natural products from *Garcinia brasiliensis* as Leishmania protease inhibitors. **Journal of Medicinal Food**, v. 14, p. 557-562, 2011.
- PIACENTE, S.; TOMMASI, N.D.; PIZZA, C. Laevisines A and B: two new sesquiterpene-pyridine alkaloids from *Maytenus laevis*. **Journal of Natural Products**, v. 62, p. 161-163, 1999.
- PINHEIRO, J.A. **Análise da Constituição Química da Madeira de *Maytenus guianensis* Klotzch.** (Dissertação) Mestrado em Química - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – Minas Gerais, Brasil, 1980.
- QUELLETTE, M.; DRUMMELSMITH, J.; PAPADOUPOLOU, B. Leishmaniasis: drugs in the clinic, resistance and new developments. **Drug Resistance Updates**, v. 7, p. 257- 266, 2004.
- REVILLA, J. **Apontamentos para a cosmética amazônica.** SEBRAE-INPA, Manaus, 2002.
- ROSE, A.M.S.; et al. Evaluation of the antileishmanial activity of biodegradable microparticles containing a hexanic eluate subfraction of *Maytenus guianensis* bark. **Experimental Parasitology**, v. 205, p.e107738, 2019.
- SALAZAR, G.D.C.M.; SILVA, G.D.F.; DE SOUSA, J.R. Chemical constituents from bark wood and leaves of *Maytenus floribunda* (Reiss). **Acta Horticulturae**, v. 501, p. 205-208, 1999.
- SANTOS, V.A.F.F.M.; LEITE, K.M.; SIQUEIRA, M.C.; REGASINI, L.O.; MARTINEZ, I.; NOGUEIRA, C.T.; et al. Antiprotozoal Activity of Quinonemethide Triterpenes from *Maytenus ilicifolia* (Celastraceae). **Molecules**, v. 18, p. 1053-1062, 2013.
- SHIROTA, O.; MORITA, H.; TAKEYA, H.; ITOKAWA, H. Cytotoxic aromatic triterpenes from *Maytenus ilicifolia* and *Mytenus chuchuhuasca*. **Journal of Natural products**, v. 57, p. 1675-1681, 1994.
- SHIROTA, O.; MORITA, H.; TAKEYA, K.; ITOKAWA, H. Isolation of antitumor substance, dulcitol, from *Maytenus ebenifolia*. **Journal of Natural products**, v. 52, m. 184-186, 1998.
- SILVA, A.A.; MORAIS, S.M.; FALCÃO, M.J.; VIEIRA, I.G.; RIBEIRO, L.M.; VIANA, S.M.; et al. Activity of cycloartane-type triterpenes and sterols isolated from *Musa paradisiaca* fruit peel against *Leishmania infantum chagasi*. **Phytomedicine**, v. 21, p. 1419-1423, 2014b.
- SILVA, J.M.; ANTINARELLI, L.M.; PINTO, N.C.; COIMBRA, E.S.; SOUZA-FAGUNDES, E.M.; RIBEIRO, A.; et al. HPLC-DAD analysis, antileishmanial, antiproliferative, and antibacterial activities of *Lacistema pubescens*: an Amazonian medicinal plant. **BioMed Research International**, v. 2014, p. e545038, 2014a.

SILVA, M.F. **Estudos *in vitro* de potenciais antimaláricos nos estágios intraeritrocítico de *Plasmodium falciparum***. (Dissertação) Mestrado em Ciências Biologia da Relação Patógeno-Hospedeiro - Instituto de Ciências Biomédicas (ICB). Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil, 2012

SILVA-JARDIM, I.; FATIMA-HORTA, M.; RAMALHO-PINTO, F. The *Leishmania chagasi* proteasome: role in promastigotes growth and amastigotes survival within murine macrophages. **Acta Tropica**, v. 91, p. 121-130, 2004

SINGH, S.; SIVAKUMAR, R. Challenges and discoveries in the treatment of leishmaniasis. **Journal of Infection and Chemotherapy**, v. 10, p. 307-315, 2004.

SOTANAPHUN, U.; SUTTISRI, R.; LIPIPUN, V.; BAVOVADA, R. Quinone-methide triterpenoids from *Glyptopetalum sclerocarpum*. **Phytochemistry**, v. 49, p. 1749-1755, 1998.

SRIVASTAVA, I.K.; ROTTENBERG, H.; VAIDYA, A.B. Atovaquone, a broad spectrum antiparasitic drug, collapses mitochondrial membrane potential in a malarial parasite. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 272, p. 3961-3966, 1997.

SULSEN, V.P.; FRANK, F.M.; CAZORLA, S.I.; ANESINI, C.A.; MALCHIODI, E.L.; FREIXA, B.; et al. Trypanocidal and leishmanicidal activities of sesquiterpene lactones from *Ambrosia tenuifolia* Sprengel (Asteraceae). **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 52, p. 2415-2419, 2008.

TELES, C.B.G.; MOREIRA, L.S.; SILVA, A.A.E.; FACUNDO, V.A.; ZULIANI, J.P.; STÁBELI, R.G.; et al. Activity of the Lupane isolated from *Combretum lerosom* against *Leishmania amazonensis* promastigotes. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 22, p. 936-942, 2011.

TELES, C.B.G.; MOREIRA-DILL, L.S.; SILVA, A.A.; FACUNDO, V.A.; DE AZEVEDO, W.F.J.; DA SILVA, L.H.; et al. A lupane-triterpene isolated from *Combretum leprosum* Mart. fruit extracts that interferes with the intracellular development of *Leishmania (L.) amazonensis* in vitro. **BMC Complement Altern Med**, v. 15, n. 1, p. 165, 2015.

TOLEDO, J.S.; AMBRÓSIO, S.R.; BORGES, C.H.; MANFRIM, V.; CERRI, D.G.; CRUZ, A.K.; et al.; In vitro leishmanicidal activities of sesquiterpene lactones from *Tithonia diversifolia* against *Leishmania braziliensis* promastigotes and amastigotes. **Molecules**, v. 19, p. 6070-6079, 2014.

TORRES-SANTOS, E.C.; LOPES, D.; OLIVEIRA, R.R.; CARAUTA, J.P.; FALCAO, C.A.; KAPLAN, M.A.; et al. Antileishmanial activity of isolated triterpenoids from *Pourouma guianensis*. **Phytochemistry**, v. 11, p. 114-120, 2004.

TRAGER, W.; JENSEN, J.B. Human malaria parasites in continuous culture. **Science**, v. 193, p. 673-675, 1976.

UFMG. Departamento de química. Disponível em <<http://zeus.qui.ufmg.br/~neplam/triterpenos/19.htm>>. Acesso em 16/12/2021.

WIESNER, J.; HENSCHKER, D.; HUTCHINSON, D.B.; BECK, E.; JOMAA, H. In vitro and in vivo synergy of fosmidomycin, a novel antimalarial drug, with clindamycin. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**, v. 46, p. 2889-2894, 2002.

INFLUÊNCIA DO MICROBIOMA DA SERAPILHEIRA DE *Theobroma grandiflorum* NA RESISTÊNCIA A *Moniliophthora* *perniciosa* EM CUPUAÇUZEIRO

Laryssa dos Santos Prado¹, Thalya da Silva Rodrigues¹, Nárcya Trindade de Souza¹,
Clarice Maia Carvalho^{1,2} e Leila Priscila Peters²

1. Universidade Federal do Acre (UFAC), Centro de Ciências Biológicas e da Natureza (CCBN), Rio Branco, Acre, Brasil;

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

RESUMO

Fungos endofíticos podem alterar a severidade de doenças na planta hospedeira, por meio da secreção de substâncias antimicrobianas, competição ou o aumento da capacidade de defesa do hospedeiro. Os solos onde essas plantas são cultivadas também podem influenciar na resistência a fitopatógenos, processo que pode ser associado ao microbioma. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência do microbioma de serapilheira de *Theobroma grandiflorum* na resistência de plântulas de cupuaçuzeiro ao fitopatógeno *Moniliophthora perniciosa*. As análises de incidência da doença, altura e diâmetro do coleto foram realizadas com as plântulas cultivadas em serapilheira e substrato composto. Os resultados revelaram que as plântulas cultivadas em serapilheira se tornaram mais resistentes a *M. perniciosa*, apresentando danos reduzidos da doença, quando comparados com o substrato composto. Em contraste, as plantas cultivadas no substrato composto apresentaram maior altura. Assim, esses resultados destacam que os microbiomas abrigam uma riqueza de características funcionais ainda desconhecidas e que podem proteger as plantas de fitopatógenos.

Palavras-chave: Fitopatógeno, Vassoura-de-bruxa e Cupuaçu.

ABSTRACT

Endophytic fungi can change the severity of diseases in the host plant, through the secretion of antimicrobial substances, competition or the increase in the host's defense capacity. The soils where these plants are grown can also influence resistance to phytopathogens, a process that can be associated with the microbiome. Therefore, this research aimed to evaluate the influence of the litter microbiome of *Theobroma grandiflorum* on the resistance of cupuaçu seedlings to the phytopathogen *Moniliophthora perniciosa*. Analyzes of disease incidence, height and diameter of the stem were performed with seedlings cultivated in litter and composite substrate. The results revealed that seedlings cultivated in litter became more

resistant to *M. pernicioso*, showing reduced disease damage when compared to the composite substrate. In contrast, plants grown in the composite substrate showed greater height. Thus, these results highlight that microbiomes harbor a wealth of functional characteristics that are still unknown and that they can protect plants from phytopathogens.

Keywords: Phytopathogen, Witch's broom and Cupuassu.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, sabe-se que as plantas são colonizadas por múltiplas comunidades microbianas, as quais desempenham um papel indispensável na biologia de seu hospedeiro (CHRISTIAN; WHITAKER; CLAY, 2015). As folhas, caules e raízes são colonizadas por uma comunidade muito diversa de microrganismos. Os fungos que encontram-se dentro das plantas são chamados de endofíticos e são muito semelhantes a outros grupos microbianos em termos de organização ecológica e importância funcional (CHRISTIAN; WHITAKER; CLAY, 2015).

Comunidades de fungos endofíticos podem exibir uma dinâmica complexa, incluindo especificidade do hospedeiro (DEL OLMO-RUIZ; ARNOLD, 2014), efeitos de prioridade (ADAME-ÁLVAREZ; MENDIOLA-SOTO; HEIL, 2014) e variabilidade espaço-temporal (CHRISTIAN et al., 2016), e as espécies componentes da comunidade em questão podem alcançar diversas funções simbióticas para seu hospedeiro, que incluem o aumento do vigor da planta (ERNST; MENDGEN; WIRSEL, 2003), resistência à seca (BAE et al., 2009) e defesa contra patógenos (ESTRADA et al., 2015; BUSBY; PEAY; NEWCOMBE, 2016).

Muitos fungos endofíticos alteram a severidade de doenças na planta hospedeira (BUSBY; RIDOUT; NEWCOMBE, 2016), e uma variedade de mecanismos apresentados por eles para inibir a doença foram identificadas, incluindo a secreção de substâncias antimicrobianas (RODRIGUEZ ESTRADA et al., 2011), competição (ALABOUVETTE et al., 2009) ou a indução de reposta de defesa do hospedeiro (MEJÍA et al., 2014).

É certo que os fungos endofíticos são transmitidos principalmente de forma horizontal, por meio de fatores bióticos como herbívoros ou insetos e agentes abióticos como vento ou chuva que espalham esporos de uma planta para outra (CHRISTIAN; WHITAKER; CLAY, 2015). Esse modo de transmissão possibilita a manipulação do microbioma fúngico (MEJÍA et al., 2014).

Além disso, alguns solos demonstram uma habilidade notável de suprimir doenças causadas por patógenos de plantas, uma capacidade que é atribuída à microbiota associada

as plantas (CARRIÓN et al., 2019). Um estudo realizado com *Theobroma cacao* constatou que plantas expostas a serapilheira aumentaram a colonização de fungos endofíticos e levou essa espécie a apresentar maior resistência ao fitopatógeno *Phytophthora palmivora* (CHRISTIAN et al., 2017).

Na literatura, existem trabalhos que demonstraram o controle de *Moniliophthora perniciosa* por microrganismos endofíticos antagonistas no cacauzeiro (MEJÍA et al., 2008; BAILEY et al., 2008; MACAGNAN et al., 2008; KRAUSS et al., 2010). Entretanto, pouco se sabe sobre a influência do substrato no cultivo de cupuaçuzeiro no controle de *M. perniciosa*. Sendo assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a influência do microbioma de serapilheira de *T. grandiflorum* na resistência de plântulas de cupuaçuzeiro ao fitopatógeno *M. perniciosa*.

2. MÉTODOS

2.1. COLETA DE MATERIAL VEGETAL E ISOLAMENTO DO FITOPATÓGENO *Moniliophthora perniciosa*

A coleta de tecido vegetal infectado foi realizada retirando manualmente as vassouras secas (Figura 1A), e em seguida as amostras foram armazenadas em sacos plásticos de polietileno e transportadas até ao laboratório de Microbiologia da Universidade Federal do Acre. A coleta foi realizada em plantações do Projeto RECA (Reflorestamento Econômico Consorciado Adensado), em Nova Califórnia (RO).

Para proporcionar a formação dos basidiomas, foram construídos os vassouzeiros (Figura 1B) (BENCHIMOL, 2000), e as vassouras secas coletadas foram dispostas nessas estruturas, e ocorria a irrigação do material vegetal, de forma alternada, para propiciar condições necessárias para o aparecimento dos basidiomas (Figura 1C e 1D).

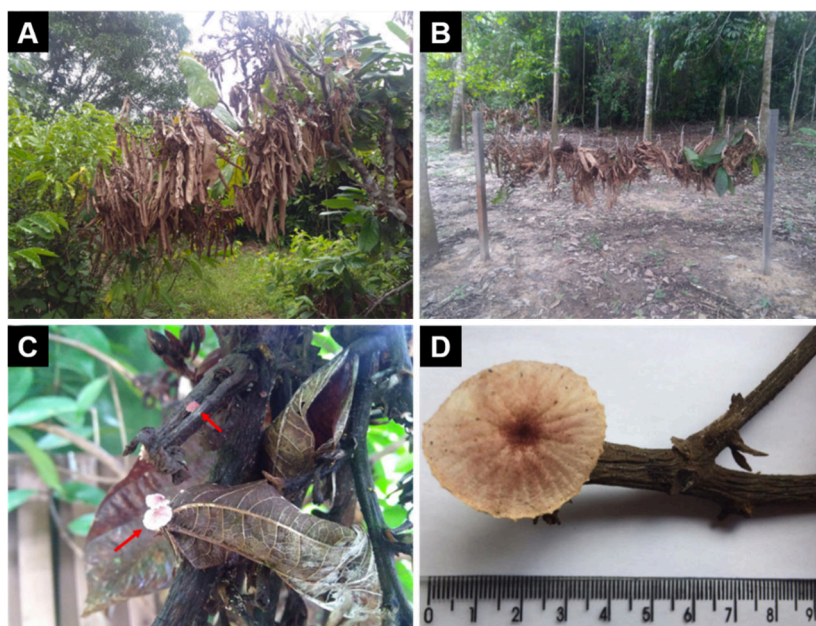


Figura 1. Etapas para a coleta de basidiomas de *Moniliophthora perniciosa*. A) Vassouras-secas em cupuaçuzeiros encontrados no campo; B) Vassouzeiro; C e D) Ramos com basidiomas. Flechas em vermelho mostram os basidiomas em vassouras secas de cupuaçuzeiro.

Os basidiomas foram coletados e levados ao Laboratório de Microbiologia da UFAC para o isolamento do fitopatógeno. Para a obtenção dos basidiósporos, foi utilizada uma solução de glicerol 16%. Os basidiomas foram presos com vaselina pelo píleo em tampas de placa de Petri, contendo uma solução de glicerol 16%, de forma com que os basidiósporos caíssem na solução (FRIAS; PURDY; SCHMIDT, 1995). A solução foi armazenada em caixas de isopor fechadas e umidificadas, e no dia seguinte foi feita a contagem dos esporos, para determinar a concentração, e posteriormente armazenados em nitrogênio líquido e em refrigerador a -80 °C.

Para o isolamento do fitopatógeno, foram utilizadas duas metodologias. O primeiro método consistiu na utilização de fragmentos dos basidiomas. Eles foram lavados por 3 minutos em hipoclorito de sódio 3% e, após a retirada da estipe do fungo, ele foi fracionado em 5 partes, onde cada uma delas foi alocada em placas de Petri contendo BDA + C + B (batata-dextrose-ágar + Cloranfenicol + Benomil). Essas placas foram armazenadas a 28 °C para que fosse analisado o crescimento do fungo (FRIAS; PURDY; SCHMIDT, 1995).

No segundo método, foi realizado o isolamento por suspensão dos basidiósporos. Nesse método, os basidiósporos caem diretamente em meio de cultura BDA + C + B. A quantificação dos esporos foi realizada utilizando um hemocitômetro, pegando 10 µL da

solução de esporos do patógeno, e fazendo a contagem em um microscópio óptico (FRIAS; PURDY; SCHMIDT, 1995).

2.2. PRODUÇÃO DE PLÂNTULAS DE *Theobroma grandiflorum*

As plântulas de *T. grandiflorum* foram produzidas na Horta Experimental da Universidade Federal do Acre (UFAC), no município de Rio Branco (AC). As sementes foram coletadas de indivíduos cultivados em uma plantação no Projeto RECA.

As sementes de cupuaçu foram despulpadas e desinfestadas por 1 minuto em uma solução de hipoclorito de sódio 1% (v/v) e lavadas por 2 minutos em água destilada (HOYOS, 2008). Depois as sementes foram colocadas em bandejas plásticas contendo serragem esterilizada e mantidas em casa de vegetação durante 30 dias (Figura 2).



Figura 2. Sequência da produção de plântulas de *Theobroma grandiflorum* em casa de vegetação.

A) Sementes de *T. grandiflorum*; B) Germinação das sementes de cupuaçu; C) Mudanças de *T. grandiflorum*.

2.3. ENSAIO DE RESISTÊNCIA DE PLÂNTULAS DE *Theobroma grandiflorum* CULTIVADAS EM SERAPILHEIRA AO FITOPATÓGENO *Moniliophthora perniciosa*

Para testar o microbioma da serapilheira na resistência das plântulas de cupuaçu ao fitopatógeno, as plântulas foram repicadas para sacos de polietileno de 1,0 kg, contendo os seguintes substratos: i) serapilheira estéril e ii) serapilheira não estéril de *T. grandiflorum*; iii) substrato composto estéril e iv) substrato composto não estéril (mistura 3:1:1 de solo, esterco e pó de serra). Cada tratamento recebeu 10 repetições, totalizando 40 plantas. A serapilheira foi coletada de árvores de *T. grandiflorum*, saudáveis e livres de doenças, no Parque Zoobotânico da UFAC.

As plântulas foram submetidas ao sombreamento de 50%, de forma a garantir o perfeito desenvolvimento das mudas, e permaneceram em casa de vegetação durante 3 meses, sendo irrigadas periodicamente para evitar estresse hídrico. Após esse período, as plântulas foram utilizadas em um ensaio de resistência ao fitopatógeno *M. pernicioso*.

Para o processo de infecção, a solução de basidiósporos foi diluída até chegar na concentração de 3% de glicerol, obtendo uma concentração de 1×10^5 esporos/mL. Após a diluição, a solução de esporos foi armazenada em BOD a 28 °C, durante 6 horas, ou até a completa germinação dos basidiósporos de *M. pernicioso* (TEIXEIRA et al., 2014). Para visualizar a germinação dos esporos, foi utilizado um hemocitômetro e um microscópio óptico.

Após esse processo, foram inoculados 30 μ L da solução de basidiósporos do fitopatógeno no meristema apical das plântulas, na concentração de 1×10^5 esporos/mL (Figura 3A). Após a inoculação, foram feitas câmaras úmidas para as plântulas, utilizando sacos plásticos umidificados com água (Figura 3B), para criar um ambiente úmido promovendo a colonização (HOYOS, 2008). As plântulas permaneceram nesse estado durante 24 horas. Periodicamente, as plântulas eram monitoradas e irrigadas. Após 60 dias, os danos provocados pelo fitopatógeno foram avaliados.



Figura 3. Processo de infecção de plântulas de cupuaçu por *Moniliophthora pernicioso*. A) Inoculação dos basidiósporos de *M. pernicioso* no meristema apical; B) Câmara úmida para promover a colonização.

As variáveis analisadas foram o tipo de vassoura formada (terminal e axilar), número de vassouras terminais e axilares, presença ou ausência de sintomas, índice de incidência da doença (ID), o comprimento da parte aérea e o diâmetro do coleto.

A fórmula para cálculo do índice de incidência da doença, proposta por Gramacho et al. (2016), está descrita a seguir:

$$ID = VT + VA \times (0,05 \times CVT) + NVA$$

Em que, ID: índice de incidência da doença; VT: número de vassouras terminais; VA: número de vassouras axilares; CVT: comprimento da vassoura terminal; NVA: número de vassouras axilares.

2.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Após a condução dos experimentos, os dados foram analisados por meio do software Sisvar 5.7. Foi realizada a análise de variância (ANOVA) e os dados foram submetidos ao Teste de Tukey, com nível de significância 5%. Por fim, os gráficos foram construídos no software GraphPad Prism 8.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Oito semanas após a infecção por *M. perniciosa*, foi obtido o índice de incidência da doença (Figura 4). Todas as plântulas foram infectadas pelo fitopatógeno, apresentando os sintomas de vassoura verde. Entretanto, os resultados mostraram que a serapilheira não estéril foi a forma de cultivo que proporcionou maior redução nos danos provocados pela vassoura-de-bruxa (Figura 4 e 5A, 5B e 5C). Por outro lado, as plântulas cultivadas no substrato composto não estéril apresentaram mais danos quando infectadas pelo fitopatógeno (Figura 4 e 5D, 5E e 5F).

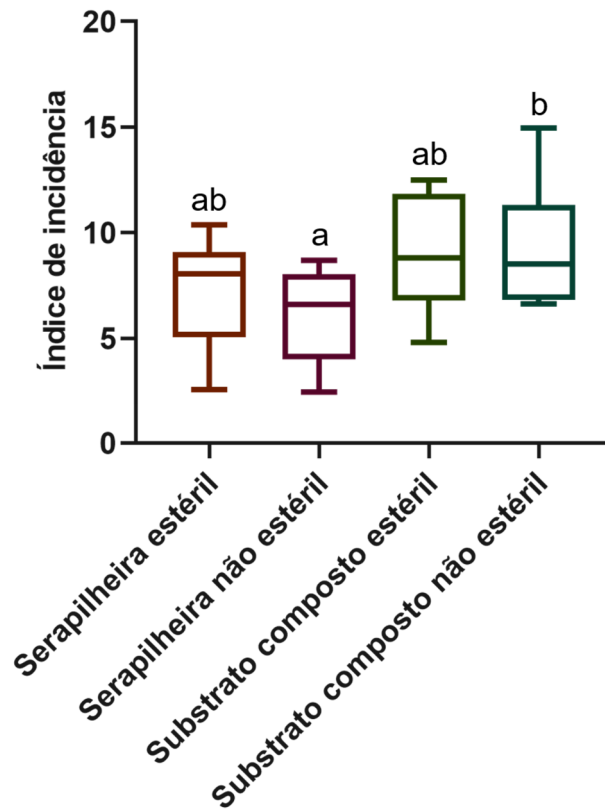


Figura 4. Índices de incidência (ID) da vassoura-de-bruxa em plântulas de *Theobroma grandiflorum* cultivadas em serapilheira e substrato composto estéril e em serapilheira e substrato composto não estéril ($p > 0,05$).

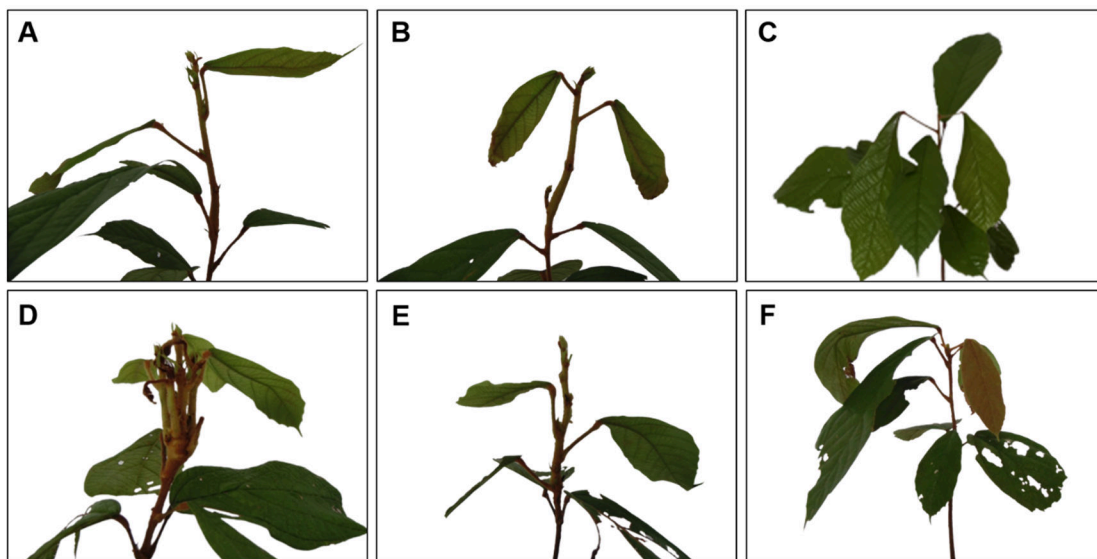


Figura 5. Plântulas avaliadas quanto a resistência ao *Moniliophthora perniciosa*. A) Serapilheira estéril; B) Serapilheira não estéril; C) Controle; D) Substrato composto estéril; E) Substrato composto não estéril; F) Controle.

Plantas e microrganismos vivem em constante confronto em uma batalha pelo crescimento e sobrevivência, e o resultado de tais encontros interfere diretamente na produção agrícola e florestal (TEIXEIRA et al., 2014). O microbioma é composto por uma diversidade de organismos procarióticos e eucarióticos, que incluem bactérias, vírus, fungos e protozoários. Esses grupos de organismos têm chamado a atenção devido ao seu papel funcional coletivo no controle da nutrição, metabolismo, fisiologia e imunologia do hospedeiro (OTTMAN et al., 2012). As bactérias aparecem com destaque nos estudos sobre saúde animal, mas os fungos parecem ser os simbiontes funcionais mais proeminentes das plantas (CHRISTIAN; WHITAKER; CLAY, 2015).

Nesse estudo, procurou-se avaliar se plântulas de cupuaçu cultivadas em serapilheira apresentavam resistência ao fungo hemibiotrófico *M. pernicioso*. Conforme observado, as plântulas cultivadas em serapilheira de árvores de cupuaçu apresentaram maior resistência ao fitopatógeno. O mesmo foi observado por Christian et al. (2017), que investigaram se o microbioma de serapilheira alteraria o microbioma de *T. cacao*. Os autores demonstraram que a exposição e localização da serapilheira no dossel da floresta alterou a composição do microbioma, e levou as mudas cultivadas nessa serapilheira (proveniente de adultos saudáveis) a exibirem menos sintomas da doença quando infectadas com o patógeno *Phytophthora palmivora*.

Os fungos endofíticos podem conferir resistência a patógenos aos seus hospedeiros vegetais (CHRISTIAN; WHITAKER; CLAY, 2015). Isso pode acontecer por meio da secreção direta de substâncias antimicrobianas, "superando" competitivamente os patógenos fúngicos pelo o habitat do tecido da planta (RODRIGUEZ ESTRADA et al., 2011) ou preparando o sistema imunológico da planta hospedeira contra futura invasão de patógenos (ALABOUVETTE et al., 2009; HARTLEY et al., 2015).

Quanto ao incremento das plântulas, houve diferença significativa no comprimento da parte aérea (H), onde o substrato composto foi o que apresentou maior altura quando comparado aos tratamentos serapilheira (Figura 6A). Entretanto, as médias do diâmetro do coleto (DC) não diferiram significativamente nos tratamentos (Figura 6B).

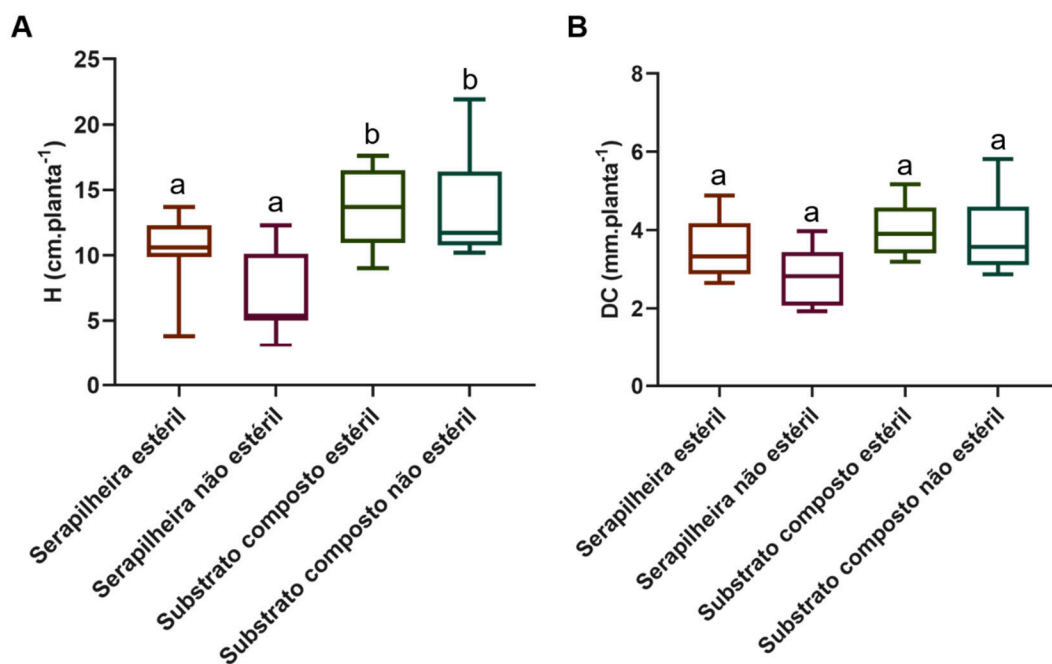


Figura 6. Incremento no desenvolvimento de plântulas de *Theobroma grandiflorum* cultivadas em serapilheira e substrato composto esteril e em serapilheira e substrato composto não esteril ($p < 0,05$).

A) Comprimento da parte aérea (H); B) Diâmetro do coleto (DC).

Resultado semelhante para o comprimento da parte aérea (H) foi encontrado por Moura et al. (2015), os quais avaliaram que o substrato composto por areia + solo + serragem foi o que mais contribuiu para o crescimento das plantas de cupuaçu. O mesmo foi observado para o diâmetro do coleto (DC), onde no sombreamento de 50%, não houve diferença significativa nos substratos avaliados, com exceção somente do substrato composto por solo.

Outro fator que pode influenciar o crescimento das plantas são os fungos endofíticos, que produzem uma ampla gama de compostos úteis para o incremento da parte aérea e diâmetro do coleto, proteção às condições ambientais, em favor de um local de moradia dentro dos hospedeiros (MARQUEZ-DAVILA et al., 2020).

4. CONCLUSÃO

O microbioma de serapilheira de *Theobroma grandiflorum* proporcionou resistência às plântulas de cupuaçu contra o fitopatógeno *Moniliophthora perniciosa*. Com isso, novos estudos podem ser realizados com o objetivo de manipular o microbioma, para conferir resistência de plantas de cupuaçu contra a doença vassoura-de-bruxa.

5. REFERÊNCIAS

ADAME-ÁLVAREZ, R.M.; MENDIOLA-SOTO, J.; HEIL, M. Order of arrival shifts endophyte–pathogen interactions in bean from resistance induction to disease facilitation. **FEMS Microbiology Letters**, v. 355, n. 2, p. 100-107, 2014.

ALABOUVETTE, C.; OLIVAIN, C.; MIGHELI, Q.; STEINBERG, C. Microbiological control of soil-borne phytopathogenic fungi with special emphasis on wilt-inducing *Fusarium oxysporum*. **New Phytologist**, v. 184, p. 529-544, 2009.

BAE, H.; SICHER, R.C.; KIM, M.S.; KIM, S.H.; STREM, M.D.; MELNICK, R.L.; et al. The beneficial endophyte *Trichoderma hamatum* isolate DIS 219b promotes growth and delays the onset of the drought response in *Theobroma cacao*. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, p. 3279-3295, 2009.

BAILEY, B.A.; BAE, H.; STREM, M.D.; CROZIER, J.; THOMAS, S.E.; SAMUELS, G.J.; VINYARD, B.T.; HOLMES, K.A. Antibiosis, mycoparasitism, and colonization success for endophytic *Trichoderma* isolates with biological control potential in *Theobroma cacao*. **Biological Control**, v. 46, p. 24-35, 2008

BENCHIMOL, R.L. **Doenças do cupuaçuzeiro causadas por fungos**. 1ª ed, Embrapa, 2000.

BUSBY, P.E.; PEAY, K.G.; NEWCOMBE, G. Common foliar fungi of *Populus trichocarpa* modify *Melampsora* rust disease severity. **New Phytologist**, v. 209, p. 1681-1692, 2016.

BUSBY, P.E.; RIDOUT, M.; NEWCOMBE, G. Fungal endophytes: modifiers of plant disease. **Plant Molecular Biology**, v. 90, p. 645-655, 2016.

CARRIÓN, V.J.; PEREZ-JARAMILLO, J.; CORDOVEZ, V.; TRACANNA, V.; HOLLANDER, M. de; RUIZ-BUCK, D.; et al. Pathogen-induced activation of disease-suppressive functions in the endophytic root microbiome. **Science**, v. 366, p. 606-612, 2019.

CHRISTIAN, N.; HERRE, E.A.; MEJIA, L.C.; CLAY, K. Exposure to the leaf litter microbiome of healthy adults protects seedlings from pathogen damage. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 284, p. e20170641, 2017.

CHRISTIAN, N.; SULLIVAN, C.; VISSER, N.D.; CLAY, K. Plant host and geographic location drive endophyte community composition in the face of perturbation. **Microbial Ecology**, v. 72, p. 621-632, 2016.

CHRISTIAN, N.; WHITAKER, B.K.; CLAY, K. Microbiomes: unifying animal and plant systems through the lens of community ecology theory. **Frontiers in Microbiology**, v. 6, p. 1-15, 2015.

DEL OLMO-RUIZ, M.; ARNOLD, A.E. Interannual variation and host affiliations of endophytic fungi associated with ferns at La Selva, Costa Rica. **Mycologia**, v. 106, p. 8-21, 2014.

ERNST, M.; MENDGEN, K.W.; WIRSEL, S.G.R. Endophytic fungal mutualists: seed-borne *Stagonospora* spp. enhance reed biomass production in axenic microcosms. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 16, p. 580-587, 2003.

ESTRADA, C.; DEGNER, E.C.; ROJAS, E.I.; WCISLO, W.T.; VAN BAEL, S.A. The role of endophyte diversity in protecting plants from defoliation by leaf-cutting ants. **Current Science**, v. 109, p. 55-61, 2015.

- FRIAS, G.A.; PURDY, L.H.; SCHMIDT, R.A. An inoculation method for evaluating resistance of cacao to *Crinipellis pernicioso*. **Plant Disease**, v. 79, p. 787-791, 1995.
- GRAMACHO, K.P.; LUZ, E.D.M.N.; SILVA, F.S da; LOPES, U.V.; PIRES, J.L.; PEREIRA, L. Pathogenic variability of *Moniliophthora pernicioso* in three agroecological zones of the cacao region of Bahia, Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, p. 7-13, 2016.
- HARTLEY, S.E.; ESCHEN, R.; HORWOOD, J.M.; GANGE, A.C.; HILL, E.M. Infection by a foliar endophyte elicits novel arabidopside-based plant defence reactions in its host, *Cirsium arvense*. **New Phytologist**, v. 205, p. 816-827, 2015.
- HOYOS, J.M.A. **Utilização de fungos endófitos do cacauero como biocontroladores da vassoura-de-bruxa**. (Dissertação) Mestrado em Agronomia - Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 2008.
- KRAUSS, U.; HIDALGO, E.; BATEMAN, R.; ADONIJAH, V.; ARROYO, C.; GARCÍA, J. Improving the formulation and timing of application of endophytic biocontrol and chemical agents against frosty pod rot (*Moniliophthora roreri*) in cocoa (*Theobroma cacao*). **Biological Control**, v. 54, p. 230–240, 2010
- MACAGNAN, D.; ROMEIRO, R.S.; POMELLA, A.W.V.; DE SOUZA, J.T. Production of lytic enzymes and siderophores, and inhibition of germination of basidiospores of *Moniliophthora (exCrinipellis) pernicioso* by phylloplane Actinomycetes. **Biological Control**, v. 47, p. 309–314, 2008
- MÁRQUEZ-DÁVILA, K.; ARÉVALO-LÓPEZ, L.; GONZÁLES, R.; VEJA, L.; MEZA, M. *Trichoderma* and *Clonostachys* as biocontrol agents against *Meloidogyne incognita* in sacha inchi. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, p. e60890, 2020.
- MEJÍA, L.C.; HERRE, E.A.; SPARKS, J.P.; WINTER, K.; GARCÍA, M.N.; VAN BAEL, S.A.; et al. Pervasive effects of a dominant foliar endophytic fungus on host genetic and phenotypic expression in a tropical tree. **Frontiers in Microbiology**, v. 5, p. e479, 2014.
- MOURA, E.A.; CHAGAS, P.C.; MOURA, M.L. da S.; SOUZA, O.M.; CHAGAS, E.A. Emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de cupuaçu cultivadas sob diferentes substratos e condições de sombreamento. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, p. 405-413, 2015.
- OTTMAN, N.; SMIDT, H.; VOS DE, W.M.; BELZER, C. The function of our microbiota: who is out there and what do they do? **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 2, p. e104, 2012.
- RODRIGUEZ ESTRADA, A.E.; HEGEMAN, A.; CORBY KISTLER, H.; MAY, G. In vitro interactions between *Fusarium verticillioides* and *Ustilago maydis* through real-time PCR and metabolic profiling. **Fungal Genetics and Biology**, v. 48, p. 874-885, 2011.
- TEIXEIRA, P.J.P.L.; THOMAZELLA, D.P. de T.; REIS, O.; PRADO, P.F.V. do; RIO, M.C.S. do; FIORIN, G.L.; et al. High-resolution transcript profiling of the atypical biotrophic interaction between *Theobroma cacao* and the fungal pathogen *Moniliophthora pernicioso*. **The Plant Cell**, v. 26, p. 4245-4269, 2014.

AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO PROCESSO DE PASTEURIZAÇÃO DE LEITE “*In Natura*” TIPO C COMERCIALIZADO NO MUNICÍPIO DE RIO BRANCO, ACRE

Jaélina Oliveira da Silva¹, Maria do Socorro de Lima Pontes Gonçalo¹, Necir Martins Gomes Neta¹, Elaine Oliveira Costa de Carvalho², Mariane Albuquerque Lima Ribeiro³, Dionatas Ulises de Oliveira Meneguetti^{3,4,5}, Cassio Toledo Messias⁶ e André Luiz Rodrigues Menezes^{2,4}

1. Centro Universitário Uninorte, Rio Branco, Acre, Brasil;
2. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), Guajará-Mirim, Rondônia, Brasil;
3. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Saúde na Amazônia Ocidental (PPGCSAO), Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, Acre, Brasil;
4. Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para Amazônia (PPGCITA), Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, Acre, Brasil;
5. Colégio de Aplicação (CAP) da Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, Acre, Brasil;
6. Universidade Federal do Acre (UFAC), Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Rio Branco, Acre, Brasil.

RESUMO

O ser humano é o único mamífero que toma leite durante toda a sua vida. Este é uma rica fonte de proteínas, cálcio, ferro, vitaminas, potássio, aminoácidos, magnésio, zinco e fósforo, se constituindo em alimento indispensável na dieta humana, tendo caráter preventivo contra diversas doenças na saúde humana. O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da pasteurização de três amostras de leites pasteurizados tipo C produzidos no município de Rio Branco, Acre. A avaliação da pasteurização foi realizada a partir da pesquisa das enzimas peroxidase e fosfatase alcalina, acidez em ácido lático e análise microbiológica, sendo a pesquisa realizada na Unidade de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Acre (UTAL). Os resultados evidenciaram que a pasteurização é um método eficiente, porém, nas amostras observadas houve um indicativo de contaminação por coliformes fecais, o que indica uma contaminação cruzada, indicando que houve contaminação ao longo da cadeia de produção do leite pasteurizado, revelando que existem pontos críticos de contaminação por microrganismos patogênicos causadores de doenças, como a *Escherichia coli*, apesar de uma série de normas e cuidados para higienização e qualidade estabelecidos em lei, o que significa que não há adequação dos laticínios à legislação que regem a qualidade do leite pasteurizado.

Palavras-chave: Leite, Pasteurização, Contaminação, Coliformes e Legislação.

ABSTRACT

The human being is the only mammal that takes your life throughout the whole milk. This is a rich source of protein, calcium, iron, vitamins, potassium, amino acids, magnesium, zinc and phosphorous, constitute essential human diet food, having preventive against several diseases on human health. The present study aimed to evaluate the quality of pasteurization pasteurized milk samples from three C type produced in the city of Rio Branco, Acre. The assessment of pasteurization was accomplished from the research of peroxidase enzymes and alkaline phosphatase, acidity in lactic acid and microbiological analysis, the research carried out on food technology Unit at the Federal University of Acre (UTAL). The results showed that pasteurization is an efficient method, however, in the samples observed there was an indication of contamination by faecal coliforms, which indicates a cross-contamination, indicating that there was contamination along the chain of production of pasteurised milk, revealing that there are critical points of contamination by pathogenic microorganisms that cause diseases such as e. coli, despite a series of standards and hygiene and quality care established by law , which means that there is adequacy of dairy products to the legislation governing the quality of pasteurized milk.

Keywords: Milk, Pasteurization, Contamination, Coliforms and Legislation.

1. INTRODUÇÃO

O ser humano é o único mamífero que toma leite durante toda a sua vida, pois ao nascer este passa a ingerir o leite materno, primeiro alimento, essencial para seu crescimento e desenvolvimento orgânico e funcional por ser fonte de gorduras, vitaminas e minerais, indispensáveis para o desenvolvimento do sistema imunológico, preparando o organismo do bebê contra várias doenças (AUGUSTINHO, 2010).

Por isso, o leite tem caráter preventivo contra diversas doenças na saúde humana e, com o passar do tempo o leite materno deixa de ser fornecido à criança que passa, então, a consumir o leite pasteurizado, seja em pó ou em sua forma líquida, mas continuando o leite na dieta humana, sendo incentivado o consumo de produtos lácteos, destacando os benefícios do leite para a saúde, dos quais, o mais importante é o fato do leite ser fonte de cálcio, mineral fundamental para boa formação dos ossos e, além do cálcio, outros minerais integram a composição do leite: vitaminas, proteínas, potássio, aminoácidos, magnésio, zinco e fósforo.(CORRÊA; HOLLER, 2011).

O leite é composto, ainda, por microrganismos pertencentes ao grupo das bactérias, fungos, leveduras e vírus, estes, alguns benéficos à saúde do ser humano, outros maléficos. A quantidade de microrganismos presentes no leite é consequência de um conjunto de fatores, sendo alguns destes, o estado de saúde do animal, ambiente em que este vive e higiene na ordenha (VALSECHI, 2001).

Em decorrência da preocupação com os diferentes ambientes e pessoas que participam do processo de produção e pasteurização do leite, no Brasil foram organizadas várias tentativas para melhorar a qualidade do leite para o consumo humano. As últimas tentativas desse movimento são retratadas pelas Instruções Normativas nº 51/2002 e nº 62/2011, no qual estabeleceram prazos e padrões de qualidade para o leite a ser comercializado (BRASIL, 2002).

A importância dos alimentos de origem animal na dieta humana como fonte de proteínas, é indiscutível (SZARFARC, 1979). No entanto, a produção desses alimentos é de alto custo e a demanda é crescente. A produção de leite no Brasil vem crescendo, porém, a média de produção de litros por animal é baixa. Para compensar essa limitação, muitos produtores de leite se utilizam de métodos equivocados ou exagerados e de técnicas inadequadas para o aumento da produção (NERO et al., 2009).

A pasteurização do leite visa eliminar bactérias patogênicas e reduzir as deterioradoras, consistindo no aquecimento do leite a uma determinada temperatura, por um determinado tempo, seguido de resfriamento. Com este processo, aumenta-se a vida útil do leite, sem alteração sensível da sua composição nutricional e sensorial, sendo este, pois, um recurso utilizado na retardação da deterioração do leite, que, se bem executado, permite destruir a totalidade das bactérias nocivas à saúde e reduzir muito aquelas que não fazem mal, que apenas azedam o leite, sendo, portanto, necessário e obrigatório (VENTURINI et al., 2007).

Cabe esclarecer que o leite pasteurizado é denominado em três tipos: A, B, C, cuja classificação é baseada na higiene da ordenha e na contagem de bactérias antes e depois da pasteurização, sendo o leite tipo C, em sua maioria, é considerado de qualidade inferior aos outros dois tipos, devido ao procedimento de produção se dá através de produtores não especializados, não havendo muitas exigências durante sua ordenha, transporte e armazenamento (VALSECHI, 2001).

Feitas essas considerações iniciais, onde se destaca a importância do leite na dieta humana pela sua rica composição, parte-se da seguinte questão de estudo: o processo de pasteurização é um método eficiente no controle da qualidade do leite tipo C?

Nesta esteira, cabe salientar que o presente estudo encontra justificativa no fato de que o leite tipo C em sua maioria é considerado de qualidade inferior aos outros dois tipos devido ao seu procedimento de produção se dá através de produtores não especializados, não havendo muitas exigências quanto ao processo de sua ordenha, transporte e

armazenamento, o que nos instiga a saber qual a qualidade desse leite ofertado ao consumidor, estando os integrantes do grupo também inseridos nesta categoria.

Todo o processo de pesquisa, tanto do referencial teórico quanto da pesquisa de campo, formata a relevância social e acadêmica deste estudo por permitir experienciar, na prática, a teoria e a práxis, contribuindo, assim, para a ampliação do saber e da experiência, ponto-chaves da formação de todo e qualquer profissional. A relevância social, no caso, formata-se no fato de que os resultados apontados podem ser usados como elementos para tomadas de decisões dos responsáveis pelo controle da qualidade deste alimento, sendo estes, por conseguinte, responsáveis pela qualidade do que é ofertado à população, principalmente quando se refere à danos à saúde pública quando da ingestão de alimentos contaminados, fora dos padrões estabelecidos para consumo humano.

O presente estudo objetivou avaliar a pasteurização de três marcas de leite *in natura* tipo C comercializadas no município de Rio Branco, Acre.

2. MÉTODOS

Cabe destacar, inicialmente, que os testes peroxidase e fosfatase em tiras colorimétricas após a pasteurização servem de indicadores para assegurar que o processo foi realizado adequadamente (SEIXAS, 2014), sendo que, para os testes realizados com esta finalidade, foram utilizadas três marcas de leite tipo C, comercializadas em Rio Branco, Acre, sendo estas denominadas A, B, C.

A pesquisa foi realizada na Unidade de Tecnologia de alimentos (UTAL), da Universidade Federal do Acre (UFAC), em um período de três semanas, sendo estas distribuídas conforme quadros abaixo, assim como as datas de fabricação e validade das amostras analisadas:

Quadro 1. Datas de análise das amostras e datas de fabricação e validade destas.

| DIAS | ITENS | MARCAS | | |
|--------|--------------------|--------------|--------------|--------------|
| | | A | B | C |
| 08/05 | DATA DE FABRICAÇÃO | 05/Maio/2017 | 05/Maio/2017 | 04/Maio/2017 |
| | DATA DE VALIDADE | 10/Maio/2017 | 09/Maio/2017 | 09/Maio/2017 |
| 10/05/ | DATA DE FABRICAÇÃO | 08/Maio/2017 | 08/Maio/2017 | 07/Maio/2017 |
| | DATA DE VALIDADE | 13/Maio/2017 | 12/Maio/2017 | 12/Maio/2017 |
| 16/05 | DATA DE FABRICAÇÃO | 14/Maio/2017 | 12/Maio/2017 | 12/Maio/2017 |
| | DATA DE VALIDADE | 19/Maio/2017 | 16/Maio/2017 | 17/Maio/2017 |
| 23/05 | DATA DE FABRICAÇÃO | 19/Maio/2017 | 19/Maio/2017 | 18/Maio/2017 |
| | DATA DE VALIDADE | 24/Maio/2017 | 23/Maio/2017 | 23/Maio/2017 |
| 24/05 | DATA DE FABRICAÇÃO | 22/Maio/2017 | 22/Maio/2017 | 21/Maio/2017 |
| | DATA DE VALIDADE | 27/Maio/2017 | 26/Maio/2017 | 26/Maio/2017 |

2.1. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

2.1.1. Procedimento de análise pela técnica dos tubos múltiplos:

Técnica dos tubos múltiplos utilizando os meios de fermentação da lactose. O procedimento para a contagem de coliformes totais e *E. coli* pela técnica dos tubos múltiplos, utilizando os meios de fermentação da lactose: (SILVA et al., 2007).

A) Materiais:

- Tubos de Durham- tubos pequeno, cilíndricos, medindo mais ou menos 5x20mm;
- Caldo lactosado CL-utilizado para cultivo e detecção de *Salmonellae* coliformes em água, produtos laticínios e produtos farmacêuticos.
- Salina ou água peptonada-meio líquido tamponado que mantém a bactéria viável;
- Capela de fluxo laminar;
- Bastão de vidro;
- Pipeta de vidro;
- Pipetador semi-automático;

- Tesoura;
- Termômetro de infla - vermelho;
- Caixa térmica;
- Gelo;
- Palitos para churrasco;
- Estufa;
- Banho-maria;
- Estante para suporte dos tubos;
- Autoclave;
- Álcool a 70%;
- Papel toalha;
- Balança de precisão;
- Béquer de 1000 ml;
- Erlenmeyer de 500 ml;
- EPI's;

B) Métodos:

- Caldo CL:
 - 8,5 ml de cloreto de sódio por litro;
 - 1 g peptona por litro;
 - 1 litro de água destilada;
 - 350 ml água;
 - 4,6 g lactose;

Como procedimento, pesou-se na balança de precisão, o cloreto de sódio, a peptona e a lactose, e adicionado a água destilada misturando com o bastão de vidro. Distribuir 9 ml do caldo lactosado em tubos médios, com Durham invertido (BRASIL, 2013).

- Salina:
 - 8,5 ml de cloreto de sódio por litro;
 - 1 g peptona por litro;
 - 1 litro de água destilada;

Como procedimento, pesou-se na balança de precisão, o cloreto de sódio, a peptona e adicionado a água destilada misturando com o bastão de vidro. Distribuir 225 ml de salina em 3 *Erlenmeyer* de 500 ml, o que sobrar colocar 9 ml em tubos grande (BRASIL, 2013).

- Caldo EC (*Escherichia coli*),

- 200 ml de água;
- 7,4 g de EC;

Como procedimento, pesou-se na balança de precisão, o EC, adicionado a água destilada misturando com o bastão de vidro. Distribuiu-se nos tubos pequenos 5 ml da diluição, com Durham invertido (BRASIL, 2013).

c) Teste presuntivo:

1. Primeiro foi colocado o material utilizado na capela para esterilização com a luz UV;
2. Em seguida foram colocadas as embalagens no béquer de 1000 ml, homogeneizadas e esterilizadas com álcool o local a ser aberto;
3. Pipetou-se 25 ml do leite em um *Erlenmeyer* contendo 225 ml de salina, diluição 10^{-1} e homogeneizado;
4. Adicionado 1,0 ml do leite diluído na salina em três tubos contendo caldo lactosado com Durham e em um tubo contendo salina 10^{-2} e homogeneizado;
5. Adicionado 1,0 ml do leite diluído 10^{-2} em três tubos contendo caldo lactosado com Durham e em um tubo contendo salina 10^{-3} e homogeneizado;
6. Adicionado 1,0 ml do leite diluído 10^{-3} em três tubos contendo caldo lactosado com Durham e homogeneizado (SILVA et al., 2007).

d) Confirmação de coliformes totais:

1. Incubaram-se os tubos a 36°C por 48 horas em estufa;
2. Fez-se a leitura, observando se há crescimento com produção de gás;

3. Positivo: formação de bolhas no tubo de Durham, confirmativo de coliformes totais;
4. Negativo: sem formação de bolhas no tubo de Durham. Ausência de coliformes.

e) Confirmação de coliformes fecais:

1. A partir de cada tubo positivo de CL, transferiu-se com um palito de churrasco duas gotas da cultura para tubos de caldo EC;
2. Incubaram-se os tubos a 45^oC por 24 horas em banho-maria;
3. Fez-se a leitura, observando se há crescimento com produção de gás;
4. Positivo: formação de bolhas no tubo de Durham, anotando-se o número de tubos de EC com gás e determinando-se o NMP de coliformes fecais/ml;
5. Negativo: sem formação de bolhas no tubo de Durham. Ausência de coliformes fecais.

2.2. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Conforme relatam Araújo et al. (2012), algumas enzimas estão presentes naturalmente no leite, enquanto outras são decorrentes unicamente da presença de microrganismos, resultando no fato de que essas macromoléculas assumam papel relevante no controle de qualidade do leite e, neste sentido, a pesquisa de fosfatase e peroxidase se torna um recurso importante por fornecer informações a respeito da pasteurização, indicando se o processo foi realizado de maneira satisfatória, cujo processo todo se dá nos seguintes moldes:

- a) A peroxidase é uma enzima presente naturalmente no leite, que é destruída quando aquecida a temperatura de 85^o C. Se a temperatura da pasteurização for ultrapassada, então, não encontraremos tal enzima no leite. O uso de temperaturas excessivamente altas torna o leite impróprio para o consumo.
- b) A Fosfatase Alcalina é uma enzima encontrada naturalmente no leite cru, a qual, quando do processo de pasteurização, se torna inativada. Sua determinação permite avaliar a eficiência do processo de pasteurização.

2.2.1. Prova de Fosfatase Alcalina em Tiras

Tiras reativas para avaliação da eficiência do tratamento térmico através da pesquisa qualitativa da presença/ausência da enzima fosfatase alcalina em amostras de leite, conforme teste rápido (2-3 minutos) e de fácil interpretação:

Imergiu-se a tira reagente na amostra durante 10 segundos para permitir a sua absorção, para posteriormente retirá-la da amostra, se fazendo necessário aguardar 2-3 minutos e proceder a leitura, quando se detecta o aparecimento, ou não de uma coloração amarela escura nas tiras, o que caso aconteça indica teste positivo e, sem alteração na coloração da tira, considera-se o resultado negativo.

2.2.2. Prova de Peroxidase em Tiras

Tiras reativas para avaliação da eficiência do tratamento térmico através da pesquisa qualitativa da presença/ausência da enzima peroxidase em amostras de leite e leites com até 40% de cremosidade, conforme teste rápido (10 segundos) e de fácil interpretação: (IAL, 1985).

- Imergiu-se a tira reagente na amostra para permitir sua absorção;
- Aguardou-se 10 segundos e procedeu-se a leitura:
 - Sem alteração na coloração da tira considerar o resultado negativo e quando do aparecimento de uma coloração marrom avermelhada nas tiras, indicando teste positivo.

2.2.3. Acidez em ácido láctico

A) Materiais:

- Béquer de 100 ml;
- Pipeta de 10 ml;
- Bureta de 25 ml.
- Reagentes (solução de hidróxido de sódio 0,1 N; solução alcoólica de fenolftaleína a 1%).

B) Métodos:

Transferiu-se com o auxílio de uma pipeta 10 ml da amostra para um béquer de 100 ml. Adicionou-se 5 gotas da solução alcoólica de fenolftaleína a 1%. Titulou-se com uma solução de hidróxido de sódio 0,1 N, até o aparecimento de uma coloração rósea tênue (IAL, 1985).

$$\frac{V \times f \times 0,9}{A} = \text{ácido láctico por cento p/v}$$

A

V = n.º de ml da solução de hidróxido de sódio 0,1 N gasto na titulação;

f = fator da solução de hidróxido de sódio 0,1 N (fator 0,9363);

A = n.º de ml da amostra.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. RESULTADOS

3.1.1. Análise Físico-Química:

A Fosfatase e a Peroxidase são enzimas usadas como indicadoras da intensidade do tratamento térmico dado ao leite, sendo estas destruídas quando elevadas a temperaturas mais altas, ou seja, acima de 75°C.

Este aquecimento elevado é prejudicial ao leite, podendo modificar suas propriedades nutritivas, ou seja, diminuir excessivamente o teor de vitaminas e alterar as propriedades de proteínas.

Na Peroxidase, em leite pasteurizado o resultado, quando positivo apresenta coloração rósea salmão (enzima ativa) e quando negativo apresenta coloração branca, que indica que o leite ultrapassou um aquecimento acima de 75°C (enzima inativa).

Associando os resultados dos dois testes, podemos chegar às seguintes conclusões, de acordo com o quadro 2:

Quadro 2. Resultados dos testes de fosfatase alcalina e peroxidase no leite.

| PROVAS | Leite cru ou mal pasteurizado | Leite pasteurizado corretamente | Leite Superaquecido |
|------------|-------------------------------|---------------------------------|---------------------|
| Fosfatase | + | - | - |
| Peroxidase | + | + | - |

Na análise físico-química foi observado que de todas as amostras das três marcas analisadas o resultado foi positivo para peroxidase e negativo para a fosfatase, como evidencia a leitura do dia 08 de maio.

Quadro 3. Resultado da análise físico-química do dia 08/05/2017.

| Itens | MARCAS | | |
|------------|----------|----------|----------|
| | A | B | C |
| Peroxidase | Positivo | Positivo | Positivo |
| Fosfatase | Negativo | Negativo | Negativo |

Quanto à acidez do leite, o que diferencia é a quantidade de hidróxido de sódio 0,1 N acrescentado à amostra, pois, a acidez indica o estado de conservação do leite: uma acidez alta é resultado da acidificação da lactose, provocada por germes em multiplicação no leite. A acidez tende, portanto, a aumentar na medida em que o leite vai envelhecendo.

Para achar a acidez do leite foi feita duplicata, após foi tirada a média dos dois resultados, a qual foi colocada na formula:

$$\frac{V \times f \times 0,9}{A} = \text{ácido láctico por cento p/v}$$

A

V = n.º de ml das solução de hidróxido de sódio 0,1 N gasto na titulação;

f = fator da solução de hidróxido de sódio 0,1 N (fator 0,9363);

A = n.º de ml da amostra.

Quanto aos resultados encontrados, o quadro abaixo evidencia que nem todos estão dentro dos padrões estabelecidos pela Instrução Normativa N. 51, de 18/09/2002, a qual preconiza que a Acidez corresponde a 0,14 a 0,18g de ácido láctico/100 ml:

Quadro 4. Resultado da análise da acidez do leite tipo C

| Dias | Itens | Marcas | | |
|-------|------------|--------|------|------|
| | | A | B | C |
| 08/05 | Resultados | 0,14 | 0,17 | 0,17 |
| 10/05 | Resultados | 0,18 | 0,17 | 0,17 |
| 16/05 | Resultados | 0,18 | 0,29 | 0,18 |
| 23/05 | Resultados | 0,17 | 0,60 | 0,16 |
| 24/05 | Resultados | 0,17 | 0,18 | 0,16 |

Como se pode observar, nas amostras dos dias 16/05 e 23/05, em uma mesma marca os resultados apontam para um valor acima do permitido, sendo que o normal equivale a 0,14 a 0,18g de ácido láctico/100 ml, estando elevado (dia 16/05= 0,29; dia 23/05= 0,60)

3.1.2. Análise Microbiológica

Conforme Geus e Lima (2008), a presença de coliformes nos alimentos ganha importância pelo fato de que esta é indicação de contaminação durante o processo de fabricação ou mesmo pós-processamento.

Existem dois tipos de coliformes: totais e fecais. Os coliformes totais compõem os grupos de bactérias gram-negativas que podem ser aeróbicas ou anaeróbicas, não originam esporos e fermentam a lactose, produzindo ácido e gás à 35/37° C.

Os coliformes fecais são também conhecidos como “termotolerantes” por suportarem uma temperatura superior à 40° C, convivem em simbiose com humanos, bois, gatos, porcos e outros animais de sangue quente. São excretados em grande quantidade nas fezes e normalmente não causam doenças (quando estão no trato digestivo). Neste grupo está presente a bactéria gram-negativa *Escherichia coli*, e ao se ingerir alimentos por ela contaminados, os resultados desagradáveis podem ser brandos ou desastrosos, dependendo do grau de contaminação (ARAUJO, [s.d]).

A presença de coliformes totais e *Escherichia coli* em alimentos processados é considerada uma indicação útil de contaminação pós-sanitização ou pós-processo, evidenciando práticas de higiene e sanificação abaixo dos padrões requeridos para o processamento de alimentos (SILVA, 1997).

Os Coliformes fecais são capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24h

a 44,5-45,5° C. Esse grupo inclui três gêneros; *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, sendo a cepas de *Enterobacter* e *Klebsiella* de origem não fecal. Por isso que *E. coli* é a mais conhecida, sendo seu habitat o trato gastrintestinal ela é a indicadora de contaminação fecal, em alimentos processados (SILVA,1997).

Na análise microbiológica, o padrão estabelecido pela Resolução – RDC n.12, de 2 de janeiro de 2001, a tolerância para amostra equivale 4/ml.

Os resultados da análise microbiológica estão evidenciados nos quadros abaixo, nos seus respectivos dias de observação e conforme meios de cultura:

Quadro 5.- Resultado da análise microbiológica do leite tipo C.

| Dias | Meios de cultura | Marcas | | |
|-------|-------------------------------------|--------|----|-----|
| | | A | B | C |
| 10/05 | Caldo lactosado (10 ⁻¹) | 2 | 2 | 3 |
| | Caldo lactosado (10 ⁻²) | 0 | 2 | 2 |
| | Caldo lactosado (10 ⁻³) | 0 | 0 | 2 |
| | NMP/ml | - | - | - |
| 11/05 | Caldo lactosado (10 ⁻¹) | 1 | 2 | 3 |
| | Caldo lactosado (10 ⁻²) | 0 | 1 | 1 |
| | Caldo lactosado (10 ⁻³) | 0 | 0 | 0 |
| | NMP/ml | 3,6 | 15 | 43 |
| 12/05 | Caldo lactosado (10 ⁻¹) | 2 | 3 | 3 |
| | Caldo lactosado (10 ⁻²) | 2 | 3 | 3 |
| | Caldo lactosado (10 ⁻³) | 0 | 3 | 0 |
| | NMP/ml | - | - | - |
| 13/05 | Caldo lactosado (10 ⁻¹) | 0 | 3 | 2 |
| | Caldo lactosado (10 ⁻²) | 2 | 0 | 1 |
| | Caldo lactosado (10 ⁻³) | 0 | 2 | 0 |
| | NMP/ml | 6,2 | 64 | 15 |
| 18/05 | Caldo lactosado (10 ⁻¹) | 1 | 2 | 2 |
| | Caldo lactosado (10 ⁻²) | 2 | 3 | 0 |
| | Caldo lactosado (10 ⁻³) | 0 | 3 | 0 |
| | NMP/ml | - | - | - |
| 19/05 | Caldo lactosado (10 ⁻¹) | 1 | 2 | 1 |
| | Caldo lactosado (10 ⁻²) | 1 | 2 | 0 |
| | Caldo lactosado (10 ⁻³) | 0 | 1 | 0 |
| | NMP/ml | 7,4 | 28 | 3,6 |
| 25/05 | Caldo lactosado (10 ⁻¹) | 3 | 0 | 3 |
| | Caldo lactosado (10 ⁻²) | 3 | 0 | 3 |
| | Caldo lactosado (10 ⁻³) | 0 | 2 | 3 |
| | NMP/ml | - | - | - |
| 26/05 | Caldo EC | 3 | 0 | 3 |
| | Caldo EC | 2 | 0 | 3 |

| | | | | |
|--------------|-------------------------------|----|-------|---------|
| | Caldo EC | 0 | 1 | 3 |
| | NMP/ml | 93 | 3,0 | > 1.100 |
| 26/05 | Caldo lactosado (10^{-1}) | 0 | 3 | 3 |
| | Caldo lactosado (10^{-2}) | 0 | 3 | 0 |
| | Caldo lactosado (10^{-3}) | 0 | 2 | 0 |
| 27/05 | Caldo EC | 0 | 0 | 0 |
| | Caldo EC | 0 | 0 | 0 |
| | Caldo EC | 0 | 0 | 0 |
| | NMP/ml | 0 | < 3,0 | < 3,0 |

Obtivemos cinco amostras de cada marca de leite tipo C, sendo que as cinco evidenciaram a presença de coliformes fecais, sendo que a amostra do dia 26/05, da marca C, se sobressaiu, evidenciando uma elevada contaminação (> 1.100). Contudo, outras amostras também não estavam dentro dos padrões, conforme se observa:

Quadro 6. Resultado da análise do leite tipo C.

| MARCAS | DIAS/RESULTADOS | | | | |
|----------|-----------------|-------|-------|--------|-------|
| | 11/05 | 13/05 | 18/05 | 26/05 | 27/05 |
| A | 3,6 | 6,2 | 7,4 | 93 | 0 |
| B | 15 | 64 | 28 | 3 | <3 |
| C | 43 | 15 | 3,6 | >1.100 | <3 |

Obs.: a coloração vermelha indica que as amostras estão fora do padrão estabelecido pela Resolução –RDC n.12, de 2 de janeiro de 2001, cuja tolerância para amostra equivale à 4/ml.

Somente uma amostra (dia 26/05) não apresentou coliformes totais e fecais (marca A).

3.2. DISCUSSÃO

A literatura estudada revela a importância do consumo de leite na dieta humana (VALSECHI, 2001; BIEGER, 2010), sendo este um alimento rico em diversos nutrientes essenciais ao nosso organismo, sendo fonte de cálcio, vitaminas, proteínas, potássio, aminoácidos, açúcar, minerais, fósforo, gorduras e, além disso, possui também muita água

(88%), componentes estes que tornam o leite um alimento nutritivo e hidratante (CORRÊA; HOLLER, 2011).

A pasteurização tem como objetivo principal a destruição de micro-organismos patogênicos associados ao alimento, pois algumas enzimas estão presentes naturalmente no leite, enquanto outras são decorrentes unicamente da presença de microrganismos vivos, capazes de crescer e que podem acarretar doenças e, ainda, limitar a vida dos produtos pasteurizados na prateleira, o que explica o fato de que a pasteurização é, muitas vezes, combinada com outros métodos de conservação como, por exemplo, a refrigeração (ARAÚJO et al., 2012).

No Brasil a pasteurização deve ser aplicada ao leite cru quando este for destinado ao consumo humano direto na forma fluida visando, portanto, a eliminação dos micro-organismos patogênicos não esporulados e reduzir significativamente a microbiota deteriorante de baixa resistência térmica do leite, de forma a garantir segurança no seu consumo, bem como suas sensoriais e nutricionais. A pasteurização deve ser seguida do resfriamento para que seja inibida a multiplicação dos micro-organismos sobreviventes (SANTANA, 2015).

Para coliformes a 45 °C, pela Resolução – RDC n.12, de 2 de janeiro de 2001, a tolerância para amostra equivale 4/ml., porém, alguns dos resultados obtidos foram maiores que esse valor, comprovando que obtivemos resultados positivos para esse tipo de coliformes e, neste caso, resultados positivos indicam grande chance de obtenção de doenças diarreicas após o consumo do produto, além de doenças causadas por *Shigella*, *Escherichia coli* e *Salmonella* (OMORE et al., 2001).

Após o aquecimento o leite segue com resfriamento imediato por placas até temperatura igual ou inferior a 4°C e envase em circuito fechado no menor prazo possível. O uso da pasteurização lenta ou LTLT (Low Temperature, Long Time) também é permitido em de laticínios de pequeno porte para produção de Leite Pasteurizado para abastecimento público ou para a produção de derivados lácteos.

Após o processamento térmico o leite pasteurizado deve apresentar teste negativo para as enzimas fosfatase alcalina e teste positivo para peroxidase. As enzimas fosfatase alcalina e peroxidase estão presentes naturalmente no leite, porém a peroxidase é a mais termorresistente (75°C por 20 segundo). Desta forma, o leite que atingiu a temperatura que garanta a morte dos micro-organismos patogênicos e que apresente alterações mínimas das propriedades físico- químicas, sensoriais e nutricionais terá a inativação da fosfatase alcalina e a presença da peroxidase.

Contudo, em que pese o fato da importância desse processo para a qualidade do leite, a análise da pesquisa realizada revela resultados que apontaram para uma contaminação do leite pasteurizado comercializado em nosso município, o que vai de encontro com outros estudos realizados em outros estados brasileiros onde se evidenciou amostras de leite tipo C impróprias para o consumo, sendo detectadas contagens de 3,4 log.NMP/ml para coliformes fecais em Fortaleza (NASCIMENTO et al., 2007) e em Alagoas, onde se evidenciou amostras de leite tipo C com resultados com elevada contagem de coliformes a 35° C, coliformes a 45° C e contagem de bactérias mesófilas indicando contaminação após o processamento ou tratamento térmico insuficiente (SILVA et al., 2008).

A média das três marcas do leite tipo C apresentam valor acima do determinado pela legislação para coliformes fecais, além da constatação da presença de coliformes totais e *Escherichia coli*, o que, em alimentos processados é considerada uma indicação útil de contaminação pós-sanitização ou pós-processo, evidenciando práticas de higiene e sanitização abaixo dos padrões requeridos para o processamento de alimentos.

No que se refere à contaminação cruzada, a contaminação bacteriana do leite cru pode ocorrer a partir do próprio animal, do homem e do ambiente. Exceto em casos de mastite, o leite ejetado apresenta baixo número de microrganismos, que não constituem riscos à saúde. (ARCURI et al., 2006).

4. CONCLUSÕES

O presente estudo teve como finalidade verificar a eficiência da pasteurização do leite tipo C em três marcas comercializadas no município de Rio Branco, Acre.

Através dos estudos se pode observar que a Fosfatase alcalina e Peroxidase são processos eficientes por que fornecem informações a respeito da pasteurização, indicando se o processo foi realizado de maneira satisfatória, podendo ser usadas como alternativas às provas de rotina para detecção destas enzimas em leites pasteurizados destinados ao consumo à população humana.

Contudo, o kit de reagentes pode não conseguir detectar a presença dessa enzima quando o leite pasteurizado estiver contaminado com quantidades de até 2% de leite cru.

Após a pasteurização, o leite deve apresentar teste qualitativo negativo para Fosfatase Alcalina. Caso essa enzima seja encontrada no leite comercializado, deve-se

suspeitar que a pasteurização não foi adequada, pois sugere a necessidade de maior rigor com relação à limpeza e sanificação de tubulações e equipamentos que entram em contato com o leite após a pasteurização, para que se possa ter um produto final de qualidade para o consumidor.

Quanto a acidez, a amostra (B), em dois dias diferentes, mostrou-se alta. Indicando contaminação por microrganismos, possivelmente devido a algum erro de conservação desse leite.

Através da análise microbiológica, conclui-se que a pasteurização é um método eficiente, porém, nas amostras observadas houve um indicativo de contaminação por coliformes fecais, o que indica uma contaminação cruzada, revelando, portanto, que ao longo da cadeia de produção do leite pasteurizado ainda existem pontos críticos de contaminação por microrganismos patogênicos causadores de doenças, a exemplo da como a *Escherichia coli*, apesar de uma série de normas e cuidados para higienização e qualidade estabelecidos em lei, indicando que há, ainda, uma dificuldade de adequação dos laticínios à legislação, considerando, pois, que a contaminação cruzada pode ocorrer em qualquer ponto da cadeia produtiva do leite, como na hora da ordenha, no seu transporte e até mesmo através das mãos dos manipuladores na hora do processo de pasteurização.

5. REFERÊNCIAS

ACRE. Embrapa. **Sistema de Produção de leite a Pasto no Acre**. Sistema de Produção, 6. ISSN 1679-11346 Versão Eletrônica, 2014. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportle>. Acesso em 01/06/2017.

ALMEIDA, A. O. **Controle Rápido da Eficiência e Segurança do Processo de Pasteurização do Leite**. (Dissertação) Mestrado - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal - São Paulo – Brasil, 2002.

ANVISA. **Resolução - Rdc Nº 12**, de 02 de Janeiro de 2001. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b>. Acesso em 01/06/2017.

ARAÚJO, C.G.F.; et al. Avaliação qualitativa do leite pasteurizado Tipo A B, e C comercializado em Natal, RN. **Arq Inst Biol**, v. 79, n. 2, p. 283-286, 2012.

ARAÚJO, M. **Coliformes**. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/reino-monera/coliformes>>. Acesso em 01/06/2017.

ARCURI, E.F.; BRITO, M.A.V.P.; BRITO, J.R.F.; PINTO, S.M.; ÂNGELO, F.F.; SOUZA, G.N. Qualidade microbiológica do leite refrigerado nas fazendas. **Arq Bras Med Vet Zootec**, v. 58, n. 3, p. 440-446, 2006.

ÁVILA, I; SALVAGNI, E.P. **Aleitamento Materno. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina. Promoção e proteção da saúde da criança e do Adolescente.** In: PEROZZO, B. K. et al. Promoção e Proteção da Saúde da Criança e do Adolescente. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, 2009.

BRAGA, A. P. **Parâmetros genéticos de vacas mestiças em rebanhos leiteiros no estado do Acre.** (Dissertação) Mestrado - Universidade Federal do Acre, Rio Branco – AC, 2016.

BRANDÃO, S. C. C. **Programa Nacional de Melhoria da Qualidade do Leite.** In: SOUZA, L. J. Nova legislação de produtos lácteos. São Paulo: Ed. Revista Indústria de Alimentos, 2002

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água.** 4ª ed. – Brasília: Funasa, 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano mais pecuária.** Brasília: MAPA/ACS, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Instrução Normativa nº 51**, de 18 de setembro de 2002. Disponível em: <<http://www.camara.gov.br/sileg/integras/141673.pdf>>. Acesso em: 01/06/2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Instrução Normativa nº 62** de 29 de dezembro de 2011. Disponível em: <http://www.leitedascrianças.pr.gov.br/arquivos/File/legislacao/IN62_2011_MAPA.pdf>. Acesso em: 01/06/2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **Alimentação e nutrição no Brasil.** Brasília: Universidade de Brasília, 2007.

BRASIL. Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 51**, de 18 de setembro de 2002. Disponível em: <<http://www.leitebrasil.org.br/legislacao.htm>>. Acesso em 01/06/2017.

BRASIL. Ministério de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa Nº 62**, de 9 de dezembro de 2011. Disponível em: <<http://www.apcbrh.com.br/files/IN62.pdf>>. Acesso em: 01/06/2017.

CÂMARA, S.A.V. **Surtos de toxinfecções alimentares no Estado de Mato Grosso do Sul, no período de 1998-2001.** (Monografia) Especialização em Gestão em Saúde - Escola de Saúde Pública Dr. Jorge David Nasser, Campo Grande, 2002.

CARMO, L. S. Intoxicação alimentar. **Revista Minas Faz Ciência**, v. 11, 2002.

CARVALHO, A. C. A.; CAVALCANTE, E. R.; TELES, G. C.; FREITAS, I. H. As Reservas Extrativistas no Acre: Uma Proposta a Ser Desenvolvida. **Observorium: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 3, n. 9, p. 38-56, 2012.

CARVALHO, A. C. A.; CAVALCANTE, E. R.; TELES, G. C.; FREITAS, I. H. As Reservas Extrativistas no Acre: Uma Proposta a Ser Desenvolvida. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 3, n. 9, p. 38-56, 2012.

CORRÊA, D. A.; HOLLER, É. **A Importância do Leite**. (TCC) Pós-graduação Lato Sensu em Produção de Leite - Faculdade de Ciências Biológicas e Saúde da Universidade TUIUTI do Paraná. IJUÍ, RS, 2011.

DEITOS, A. C.; MAGGIONI, D.; ROMERO, D. Produção e qualidade de leite de vacas de diferentes grupos genéticos. **Campo Digit@l**, v. 5, n. 1, p. 26-33, 2010.

DEL'ARCO, A. P. W. T. **Leite. Devemos excluí-lo da dieta?** Disponível em: <<http://www.crn3.org.br/Areas/Admin/Content/upload/tiny-02032016125041.pdf>>. Acesso em 010/06/2017.

FONSECA, L.F.L.; SANTOS, M.V. **Qualidade do Leite e Controle de Mastite**. São Paulo: Lemos Editorial, 2000.

GEUS, J. A. M.; LIMA, I. A. Análise de coliformes totais e Fecais: Um comparativo entre técnicas oficiais VRBA e Petrifilm EC aplicados em uma indústria de carnes. **II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais**, Ponta Grossa – PR, 2008.

GEUS, J. A. M.; LIMA, I. A. Análise de coliformes totais e Fecais: Um comparativo entre técnicas oficiais VRBA e Petrifilm EC aplicados em uma indústria de carnes. **II Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais**, Ponta Grossa – PR, 2008.

IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v.1, São Paulo: O Instituto, 1985.

LUCATTO, J. N.; MENDONÇA, S. N. T. G. de; DRUNKLER, D. A. Ácido Linoleico Conjugado: Estrutura Química, Efeitos sobre a Saúde Humana e Análise em Lácteos. **Rev Inst Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 3, p. 199-211, 2014.

MEIRELES, A. J.; ALVES, D. R. **Importância do leite longa vida para o desenvolvimento do mercado brasileiro de leite**. 2001. Disponível em: <http://www.terra viva.com.br/estudos/estudo_8.html>. Acesso em jun.2017.

MENDES, A. D. **A invenção da Amazônia**. 2ª Edição, Editora da Universidade do Amazonas, 2006.

NASCIMENTO, K.M.; AMORIM, L.N.; UNHA, F.A.; SOUSA, G.C.; SANTOS, R.S.; SOARES, K.P.; et al. Qualidade Microbiológica do leite pasteurizado tipo B e Comercializado na cidade de Fortaleza. In: **Congresso Brasileiro De Química**, 47., 2007, Natal, RN. 2007.

NERO, L. A.; VIÇOSA, G. N.; PEREIRA, F. E. V. Qualidade microbiológica do leite determinada por características de produção. **Ciênc Tecnol Aliment**, v. 29, n. 2, p. 386-390, 2009.

OMORE, A. et al. **Assessing and managing milk-born health risks for the benefit of consumers in Kenya**. Nairobi, Kenya: Smallholder Dairy (R&D) Project (SDP), 2001.

SÁ, C.P.; CAVALCANTE, F.A.; VAZ, F.A.; SANTOS, J.C.; GOMES, F.C.R. **Coefficientes técnicos e avaliação econômica do sistema de produção melhorado da pecuária de leite no Acre**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2002.

SALVADOR, F. C.; BURIN, A. S.; FRIAS, A. A. T.; OLIVEIRA, F. S.; FAILA, N. Avaliação da Qualidade Microbiológica do leite Pasteurizado Comercializado em APUCARANA-PR e Região. **Revista F@ciência**, v. 9, n. 5, p. 30-41, 2012.

SANTANA, E. H. W. **Pasteurização: qual a importância deste processo para o leite?** Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/industria/radar-tecnico/microbiologia/pasteurizacao-qual-a-importancia-deste-processo-para-o-leite-94246n.aspx>>. Acesso em: 01/06/2017.

SEIXAS, F. N.; FAGNANI, R.; RIOS, E. A.; PEREIRA, J. R.; TAMANINI, R.; BELOTI, V. Comparação de Métodos para Detecção de Fosfatase alcalina e Peroxidase em Leite. **Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 1, p 17-24, 2014.

SEVÁ, F. F. **Ambientalismo e desenvolvimento sustentável: o caso da borracha e da pecuária no Acre.** (Monografia) Graduação em Economia - Universidade Federal do Acre, Rio Branco – AC, 2002.

SILVA, et al., **Manual de Métodos de análise microbiológica de alimentos.** 3ª edição, São Paulo: Livrarias Varela, 2007.

SILVA, M. R.; PORTES, V. M. MENIN, Á.; ALVES, F. S. F. **Doenças transmitidas pelo leite e sua importância em saúde pública.** Disponível em: <<http://cienciadoleite.com.br/noticia/128/doencas-transmitidas-pelo-leite-e-sua-importancia-em-saude-publica>>. Acesso em 01/06/2017.

SILVA, M.C.D.; SILVA, J.V.L.; RAMOS, A.C.S.; MELO, R.O.; JULIANA, O.O. Caracterização microbiológica e físico-química de leite pasteurizado destinado ao programa do leite no Estado de Alagoas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 226-230, 2008.

SZARFARC, S. C. A adequação do consumo de alimentos de origem animal e sua relação com renda familiar. **Rev Saúde Pú**, v. 18, p. 26-31, 1979.

VALSECHI, O. A. **O Leite e seus derivados.** Universidade de São Carlos Centro de Ciências Agrária. Araras – SP, 2001.

VARGAS, D. P.; NORBERG, J. L.; RITT, L. A.; SHEIBLER, R. B.; RIZZO, F. A.; MILANI, M. P. Potencialidades funcionais e nutracêuticas das proteínas do leite bovino. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**, v. 18, p. 25-35, 2014.

VENTURINI, K. S.; SARCINELLI, M. F.; SILVA, L. C.. **Processamento do Leite.** Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, Pró-Reitoria de Extensão. Boletim Técnico - PIE-UFES:02207. Disponível em: <http://www.agais.com/telomc/b022_processamento_bovinoleite.pdf>. Acesso em 01/06/2017.

TENDÊNCIAS TEMPORAIS DE SÉRIES CLIMATOLÓGICAS NO BRASIL

**Ednária Santos de Araújo¹, Kelly Nascimento Leite², Jefferson Vieira José²,
Raimundo Nonato Farias Monteiro³, Geocleber Gomes de Sousa⁴, Leandra
Bordignon² e José Genivaldo do Vale Moreira²**

1. Universidade Federal do Acre, Programa de pós-graduação em Ciências Ambientais, Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil;
2. Universidade Federal do Acre, Centro Multidisciplinar (CMULTI), campus Floresta, Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil;
3. Fundação Cearense de Meteorologia (FUNCEME), Fortaleza, Ceará, Brasil;
4. Universidade Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Instituto de Desenvolvimento Rural, Redenção, Ceará, Brasil.

RESUMO

Nos últimos anos, muito têm-se estudado as mudanças climáticas e seus impactos sobre o meio ambiente. Estudos apontam para uma perda de estacionariedade e tendências significativas em séries temporais climáticas em diversas regiões do Brasil. Com alteração nas temperaturas do ar e regime pluviométrico. Contudo esse trabalho buscou elaborar uma revisão literária discursiva sobre as mudanças do clima a importância dos estudos regionais e a perda de estacionariedade de séries temporais climatológicas em diferentes regiões no Brasil. Foi possível observar que os estudos sobre tendências de séries temporais climatológicas, realizados em diferentes regiões do Brasil, apresentam tendência significativa nas temperaturas do ar, os estudos apontam para a importância dos demais elementos do clima com ênfase em estudos de tendências em séries temporais de evapotranspiração. Os testes não paramétricos de Mann- Kendall (MK) seguidos de Spearman rho e o teste de Pettitt, têm sido utilizado com frequência e êxito para observância da perda estacionária das séries temporais climatológicas.

Palavras-chave: Tendências temporais, Teste de Mann Kendall e Mudanças climáticas.

ABSTRACT

In recent years, much has been studied about climate change and its impacts on the environment. Studies point to a loss of stationarity and significant trends in climatic time series in different regions of Brazil. With changes in air temperatures and rainfall. However, this work sought to elaborate a discursive literary review on climate change, the importance of regional studies and the loss of stationarity of climatological time series in different regions in Brazil. It was possible to observe that studies on trends in climatological time series, carried out in different regions of Brazil, show a significant trend in air temperatures, the studies point to the

importance of other elements of climate with an emphasis on studies of trends in evapotranspiration time series. The Mann-Kendall (MK) nonparametric test, followed by the Spearman rho test and the Pettitt test, have been used with frequency and success to observe the stationary loss of the climatological time series.

Keywords: Temporal trends, Mann Kendall Test and Climate change.

1. INTRODUÇÃO

Os estudos sobre mudanças climáticas e suas consequências, tem sido um dos principais temas, discutido em todo o mundo (RIBEIRO et al., 2014; AHMAD et al., 2015; CERA, FERRAZ, 2015).

É perceptível às alterações em séries temporais hidrológicas (precipitações e vazões) e climatológicas (elementos que compõem o clima), com alterações nas tendências padrões (GUEDES et al., 2015; LIMA et al., 2016; MOREIRA et al., 2016 a; MOREIRA et al., 2019b). Se espera em series temporais os valores da série oscilando ao redor de uma média constante sem alteração ao longo do tempo. Todavia tem-se observado em inúmeras pesquisas, geradas em diferentes regiões do Brasil, tendências de diminuição ou aumento dos parâmetros climáticos, principalmente em séries temporais de precipitações, vazões e temperaturas. (ÁVILA et al., 2014; POLZIN; HASTENRATH, 2014; CERA; FERRAZ, 2015; OLIVEIRA; SILVA, 2016).

Na região Sul e Sudeste do País, observaram principalmente o aumento linear de temperaturas com alterações nos padrões de precipitação (CERA; FERRAZ, 2015; OLIVEIRA; SILVA, 2016). Enquanto na região Norte e Nordeste percebeu-se além da presença de tendência positiva para as temperaturas do ar e perda de estacionariedade de séries hidrológicas.

O conhecimento da dinâmica dos elementos climáticos, é subsídio necessário para o desenvolvimento de diversos setores, devido sua influência no clima (ARENAS et al., 2017). As atividades agrícolas, por exemplo, estão correlacionadas diretamente com as condições climáticas, sendo o principal fator de diminuição da produção agrícola (GUERRA et al., 2017). A engenharia utiliza-se de séries históricas, principalmente, de precipitação, para aplicação de teorias de probabilidade, baseados na hipótese de séries histórica homogêneas (ÁVILA et al., 2014; CERA; FERRAZ, 2015).

O aquecimento da atmosfera provoca mudanças nos padrões de seus componentes, temperaturas, movimentos das massas de ar, variabilidade da precipitação intensa de

chuvas (MEDEIROS, 2020). A interpretação dos padrões temporais da variabilidade dos elementos climáticos é o passo fundamental para novos projetos, visando estratégias adaptativas adequadas (MUTHONI et al., 2018; SCHMIDT; LIMA; JESUS, 2018). A caracterização temporal pode ser sintetizada sob a ótica estatística e a dinâmica. A abordagem dinâmica é referente ao movimento das massas de ar e são aplicadas geralmente em escalas sinóticas. Todavia a análise estatística baseia-se na relação de variáveis climáticas (CARMO; LIMA, 2020).

A análise de tendências através de testes estatísticos não paramétricos vem sendo realizada por diversos pesquisadores visando identificar eventuais tendências monotônicas em séries climatológicas. Os testes estatísticos não paramétricos de Mann-Kendall (MK) e Spearman's rho (SR) são amplamente utilizados para verificação da existência ou não de mudanças nas séries históricas. De acordo com Silva et al. (2017), a análise da tendência de séries históricas climatológicas é uma das maneiras disponíveis para determinação de ocorrência de mudança climática local e possibilita a avaliação das suas consequências sobre a região de estudo. É de suma importância o estudo da variabilidade dos elementos climáticos em nível regional e local pois se destaca, de certa forma, a contribuir para a compreensão dela em nível global (FERRARI et al., 2012). Os estudos realizados das variáveis climáticas nas bacias hidrográficas feitas por Milly et al. (2005) e Salati et al. (2008) verificaram que as simulações realizadas coincidem com estudos realizados em nível global e nacional.

Os elementos climáticos e clima nos municípios no Brasil comumente não possuem monitoramento, a percepção humana é feita em microescala, já os estudos são realizados em mesoescala, o que implica em um comportamento diferente (NÓBREGA et al., 2011; GASQUES, et al., 2018). Esses estudos segundo Kiefer et al. (2021) são essenciais para ações como aplicação dos instrumentos de gestão e integração de políticas, e para que possa haver redução de vulnerabilidades e riscos climáticos futuros.

O estudo de tendências em séries temporais se torna ainda mais importante no contexto amazônico, visto como o equilíbrio ambiental da América do Sul, sua biodiversidade, sequestro de carbono, transporte de energia são processos importantes da região (BRANDO et al., 2014). A incidência de eventos extremos em sua região tem sido estudada nos últimos anos (BAKER et al., 2008; BRANDO et al., 2008), com estimativas de agravamento futuro (DUFFY et al., 2015). Duarte (2005) observou aumento do volume das precipitações anuais, seguidas de diminuição, em estudos de tendência de uma série histórica de precipitação no município de Rio Branco no Acre- BRA, atribuindo relação com

ações antrópicas ao longo do tempo. Todavia Moreira e Naghettini (2016) não verificaram tendência significativa no regime de precipitações máximas anuais em estudos realizados no mesmo município, para o intervalo temporal de 1971 a 2012.

Observando o avanço das pesquisas em tendências temporais dessas séries, é visível a importância do progresso de informações sobre o cenário, causadas, possivelmente pelas mudanças climáticas. Contudo esse capítulo busca apresentar uma discussão literária sobre os estudos das tendências climáticas e sua ocorrência em diversas regiões no Brasil.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. MUDANÇAS DO CLIMA

No decorrer das últimas décadas o aumento no desmatamento e industrialização acarretou o crescimento da quantidade de dióxido de carbono na atmosfera, esta tendência pode implicar em mudanças nas características do clima, por exemplo a temperatura do ar, umidade relativa e a precipitação, tanto nível global como regional (FERREIRA et al., 2015).

O aquecimento global e conseqüentemente as mudanças climáticas, não só preocupa como impactam diretamente os recursos hídricos, a agricultura, produção de alimentos, saúde entre outros. Segundo o painel intergovernamental de mudanças climáticas (IPCC) a temperatura do ar tem apresentado aumento de 0,74°C em 100 anos (1906-2005) com previsões de aumento de 1,1° até 6,4 °C até o ano de 2100 (IPCC, 2014).

O aumento da temperatura global está relacionado a absorção de energia de onda longa e emissão para a superfície devido à alta concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, essa temperatura média tem seu valor modificado e ocorre o que chamamos de mudança climática (NOAA, 2021). Marengo (2006) cita estudos no Brasil, que mostram aumento na temperatura do ar nos últimos 100 anos, como de 0,6°C, em São Paulo e de 0,85 °C na Bacia Amazônica e de aumento nos extremos máximo e mínimo, da temperatura do ar no Sul do Brasil, durante o período de 1960-2002.

No Brasil, país que registra grande população vivendo em perímetros urbanos, 80% da população se concentra na área urbana, as cidades requerem atenção especial quando se trata de mudanças climáticas, pois possuem as áreas que estão mais suscetíveis a

enfrentamento de impactos ambientais extremos, eventos estes como precipitação pluviométrica e temperatura (GIULIO et al., 2019).

Um evento de precipitação pluviométrica extrema ocorre de forma irregular, seja de forma temporal seja de forma espacial, acarreta muitos prejuízos, que vão de erodibilidade do solo, inundações, alagamentos, perdas significativas na agricultura, até perdas sociais. Por outro lado, secas extremas também implicam prejuízos, esta, caracterizada por falta de chuva em determinado período, que provoca: fome, miséria, êxodo rural, tornando-se assim um problema político e governamental (BONFIM et al., 2020).

2.2. TENDÊNCIA EM SÉRIES HISTÓRICAS CLIMATOLÓGICAS

Em diversas regiões do mundo pesquisadores dos mais variados países, estimam os índices para detecção de mudanças climáticas, utilizando como base, dados de precipitação e temperatura, a fim de verificar tendências de variação climática em escalas locais. (TORETI; DESIATO, 2013).

De acordo com Silva et al. (2017), pesquisas e estudos sobre tendências dos índices para detecção de variações climáticas desenvolvidas para uma certa região as análises são fundamentadas em poucos índices de eventos extremos climáticos, e a série histórica em um curto intervalo. No Brasil as pesquisas e estudos que avaliam tendências apresentam discordância entre os mesmos, uma vez que os resultados são obtidos de acordo com a metodologia utilizada, fonte de dados e o período que foi realizado a análise.

Rao et al. (2016) em alguns estudos verificou tendências em dados de chuvas interpolados, isso torna mais difícil a identificação de quais locais possuem menores quantidades de dados a disposição ocorrendo assim a incerteza dos resultados.

Os estudos na Amazônia relacionados a tendências climáticas na grande maioria, têm sido voltados as variáveis: chuva, vazão e temperatura. É fundamental entender como as alterações desses e outros elementos meteorológicos importantes modificam o regime climático de determinada região, uma forma de analisar isso seria através de observação de presença de tendências. Conforme Wanderley et al. (2013), a tendência pode ser compreendida como uma alteração contínua e sistemática, observada dentro de uma série temporal, onde representa o grau de acréscimo ou decréscimo nos valores da variável analisada, a presença de tendência pode revelar indicativos de como esses dados refletem o efeito das mudanças climáticas seja de forma natural ou não.

A precipitação pluviométrica é uma variável climática muito estudada nas diversas regiões do planeta Terra, sendo considerada uma das mais importantes em meteorologia, especialmente nos trópicos. É de fundamental importância ter-se conhecimento da distribuição espaço-temporal dessa variável, pois, a mesma possui alto potencial de ocasionar eventos extremos, contribui significativamente no ciclo hidrológico e é peça chave na manutenção e sobrevivência de seres vivos no mundo inteiro (COSTA et al., 2019).

A série temporal de precipitação pluviométrica é ideal e essencial na definição de diversos serviços como: potencial de produção agrícola, a geração de energia hidrelétrica, a disponibilidade hídrica, a integridade ecológica, e como já citado anteriormente a susceptibilidade da sociedade a eventos extremos, com o passar dos anos o padrão de chuvas vêm sofrendo mudanças bruscas e modificações dos regimes de chuva pelo mundo (SUN et al., 2012).

A variação climática, através de ciclos anuais, promove déficit ou excesso hídrico no mundo todo, o que leva a seca ou a enchentes, os eventos extremos climáticos admitem uma importância no cotidiano da sociedade, através da frequência dessa ocorrência ou pela vulnerabilidade socioambiental (NASCIMENTO et al., 2020.)

No Brasil, observa-se um aumento no interesse em estudos das tendências temporais dos parâmetros climáticos, a tabela 1, reúne um resumo das pesquisas publicadas nesse sentido nas principais revistas do País e em diferentes regiões do Brasil.

Tabela 1. Observações na literatura científica sobre tendências de parâmetros climáticos

| Local | Referência | Parâmetro estudado | Tendência observada |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------|---|
| Sudeste/ Pirassununga- SP | Ferrari et al., (2012) | Temperatura pluviometria | Não houve tendência significativas para precipitação, sem aumento significativo para as temperaturas observadas. |
| Sudeste/ Juiz de Fora- MG | Ferreira et al.,(2015) | Temperatura | Não houve nenhuma tendência de aumento quando analisados os valores de Temperatura Média Mínima Anual ou mensal. |
| Norte/ Cruzeiro do Sul- AC | Sousa., (2020) | Precipitações e temperaturas | Sem tendência crescente ou decrescente, significativa. |

| | | | |
|---|------------------------------|---------------------------------|---|
| Sul/ Santa Catarina- RS | Costa et al., (2015) | Precipitações e temperaturas | Observou-se tendências significativas nas séries temporais de precipitação e tendências em temperaturas em alguns meses do ano |
| Sul/ RS | Cordeiro et al., (2016) | Temperaturas | Tendência significativa de aumento |
| Sudeste/ MG | Ávila et al., (2014) | Temperaturas | Tendências generalizadas de aumento na maior parte do estado, em outubro e janeiro, e também na escala anual |
| Nordeste/ Rio Grande do Norte- PB | Lima et al., (2012) | Precipitações e temperaturas | Tendências nas temperaturas e não observou-se tendências nas precipitações anuais |
| Sul/ RS | Guedes et al., (2018) | Precipitações | Identificaram mudanças na tendência de 50% das estações pluviométricas, indicando um aumento na precipitação |
| Norte/ Cruzeiro do Sul- AC | Delgado e Sousa (2014) | Precipitações | Foi detectada leve tendência positiva dos dados pluviométricos |
| Norte/ Maranhão, Tocantins e Pará | Souza et al., (2017) | Precipitações | Foram observadas tendência positiva, significativas. |
| Norte/ Cruzeiro do Sul- AC | Moreira et al., (2016) | Precipitações Máximas | Tendência não significativa |
| Norte/ Rio Branco-AC | Oliveira, (2020) | Precipitações | Tendência não significativa |
| Norte/ Tarauacá- AC | Moreira et al., (2016) | Precipitações | Observado tendência significativa. |

2.3. ANÁLISE DE HOMOGENEIDADE E ESTACIONARIEDADE

Em series temporais é comum a identificação dos valores da série oscilando ao redor de uma média constante e não alteram ao longo do tempo (CHRISTOFOLETTI 1993). Todavia, observa-se que algumas séries climatológicas apresentam algum tipo de não estacionariedade atribuída a fatores como sazonalidade e ciclos (NASCIMENTO et al., 2020).

Quando uma série numérica de um determinado elemento climatológico ordenada cronologicamente, é caracterizada como homogênea se essas variações forem causadas por condições do próprio tempo e clima. A não homogeneidade em uma série temporal é tida

como uma descontinuação nos registros dos dados, e isso interfere na caracterização da variabilidade climática da região estudada, por isso é tão importante informações meteorológicas confiáveis para não ocorrer má interpretação desses dados (REBOITA; KRUCHE, 2018).

A não-homogeneidade em uma série temporal expressa-se de duas formas: a) apresenta tendência gradual e/ou b) apresenta certa descontinuidade na variância. Essa tendência gradual pode ser decorrente ao aquecimento urbano, ou a algum deslocamento de alguma estação meteorológica de um lugar para outro ou até mesmo a erros sistemáticos que estejam acumulados com o passar do tempo. E já as descontinuidades ocorrem comumente por causa de mudanças bruscas que ocorrem na plataforma que está sendo observado ou a forma como os dados são processados (SANTOS et al., 2012).

É importante e necessário escolher corretamente um modelo que descreva adequadamente o comportamento de uma série temporal para análise de sua estacionariedade. De acordo com Silveira et al. (2016), para uma série ser estacionária, sua média e sua variância não variam ao longo do tempo e o valor da covariância entre dois períodos depende apenas do grau de defasagens entre as observações e não apenas do período efetivo de tempo em que a covariância é calculada. Conforme o aumento do distanciamento do último ponto de amostra, as previsões vão se tornando imprecisas, com a presença de tendência estocástica ou raiz unitária em uma série temporal essa acaba sendo não estacionária.

Destaca-se, dessa forma, a importância da realização de monitoramento sistemático em locais de referência, uma vez que atividades humanas e mudanças climáticas atuantes na escala da bacia hidrográfica podem produzir resultados similares nos elementos das séries hidrológicas observadas. A perda de estacionariedade das séries pode impor alterações importantes em setores como o de geração de energia, navegação, irrigação, abastecimento de água, controle de inundação, dentre outros (ANA, 2020).

Nóbrega (2014) determinam que os meios necessários para a percepção de um impacto de um elemento sobre ou outro deve ser estudado através da metodologia de causa e efeito. Desse modo o elemento causa que são as mudanças climáticas, devem ser estudadas através de sua diagramação e mitigação dos efeitos não estacionários.

A não estacionariedade das séries podem ser determinadas a partir dos testes estatísticos não paramétricos de Mann- Kendall (MK), Spearman rho (KAHYA; KALAYCI, 2004; DIERMANSE et al., 2010; DETZEL; MINE, 2014) ou até mesmo a ocorrência do ponto

de mudança em função do tempo, utilizando o teste de Pettitt (SALVADORI, 2013; YEH et al., 2015).

O teste não paramétrico de Mann-Kendall (MK) é um dos testes mais utilizados para detectar a perda de estacionariedade na série (WANG et al., 2005; SALVADORI, 2013; DAMÁZIO; COSTA 2014; TAN; GAN, 2015). Em uma série (X_1, X_2, \dots, X_n) proveniente de uma amostra de n variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas (iid), o teste MK é explicado pela seguinte equação (MOREIRA, 2016).

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{ sinal}(X_j - X_i) \quad (1.1)$$

Onde, X_i representa os valores da série (intervalos de tempo); i e j são os índices de tempo e n é o número de elementos da série. O termo $\text{sinal}(X_j - X_i)$ é determinado por intermédio da equação a seguir:

$$\text{sinal}(X_j - X_i) = \begin{cases} +1 & \text{se } (X_j - X_i) > 0 \\ 0 & \text{se } (X_j - X_i) = 0 \\ -1 & \text{se } (X_j - X_i) < 0 \end{cases} \quad (1.2)$$

Mann (1945) e Kendall (1975) explicitaram que a estatística S segue aproximadamente uma distribuição normal para $n \geq 8$. Para dados sem elementos vinculados (valores iguais), a estatística do teste apresenta média $E(S)$ e variância $\text{Var}(S)$ dadas, respectivamente, por:

$$E(S) = 0 \quad (1.3)$$

$$\text{Var}(S) = 1/18 [n(n-1)(2n+5)] \quad (1.4)$$

Havendo pontos vinculados, a variância é corrigida pela seguinte expressão:

$$\text{Var}(S) = 1/18 \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5) \right] \quad (1.5)$$

na qual t_p denota o número de pontos vinculados de índices p até q .

A significância do teste MK pode ser verificada através de um teste bilateral, com estatística padronizada Z_{MK} expressa da seguinte maneira:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{s + 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (1.6)$$

A hipótese nula (H_0), para ausência de tendência na série, é rejeitada caso $|Z_{MK}| > Z_{1-\alpha/2}$, em que α é o nível de significância adotado e $Z_{1-\alpha/2}$ é o valor da distribuição normal padrão com probabilidade de excedência de $\alpha/2$. O sinal de Z_{MK} indica se a tendência é crescente ($Z_{MK} > 0$) ou decrescente ($Z_{MK} < 0$). O nível de significância comumente utilizado é $\alpha = 0,05$.

Já o teste não paramétrico de Spearman rho (SR) detecta uma tendência temporal, existente em uma série temporal a partir da correlação entre os dados da série de observações e o índice de tempo (SHADMANI et al., 2012). Se amparando no coeficiente de correlação entre a ordem de classificação m_t , da sequência X_t e os índices de tempo T_t (1, 2, ..., N). (MOREIRA et al. 2019):

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{t=1}^N (m_t - T_t)^2}{N^3 - N} \quad (2.1)$$

Considerando-se a hipótese pautada na ausência de correlação entre m_t e X_t , demonstra-se, para $N > 10$, que a distribuição de r_s pode ser aproximada por uma distribuição normal, cuja média é nula e a variância é dada pela seguinte equação:

$$\text{Var}[r_s] = \frac{1}{N - 1} \quad (2.2)$$

Assim, tendo como hipótese nula H_0 : “a amostra não apresenta tendência temporal”, a estatística do Spearman rho.

$$T = \frac{r_s}{\sqrt{\text{Var}[r_s]}} \quad (2.3)$$

Como se trata de um teste bilateral, a decisão mais lógica, nesse caso, é de rejeitar a hipótese nula (H_0) se $|T| > Z_{1-\alpha/2}$, em que α é o nível de significância adotado e Z é o valor da distribuição normal padrão.

O ponto de mudança da série pode ser determinado através do teste de Pettit (PETTIT, 1979) o teste consiste na verificação se duas amostras são da mesma população.

Define-se a estatística (U_k) para cada ponto da série, equação 3:

$$U_K = 2 \sum_{i=1}^k O_i - k(n + 1) \quad (3.1)$$

em que, O_i é a ordem da i -ésima observação, quando os valores de Y_1, \dots, Y_n são ordenados em ordem crescente.

A estatística $K(t)$ do teste de Pettit será:

$$K(t) = \max_{i \leq k \leq n} |U_k| \quad (3.2)$$

A estatística consiste em determinar o ponto de mudança abrupta em uma série temporal de dados. logo esse ponto será o máximo de “K” para um determinado nível de significância (α) e número de dados (n) os valores críticos de k são dados pela equação 3.3.

$$K_{\alpha} = \sqrt{\frac{-\ln(\alpha(n^3+n^2))}{6}} \quad (3.3)$$

O teste fornece informações sobre a localização provável de descontinuidade, o teste estabelece como hipótese nula, que a variável é independente e identicamente distribuída, sob a hipótese alternativa, assume um desvio na média.

2.4. INTERAÇÃO DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS E EVAPOTRANSPIRAÇÃO

O clima é formado pelos elementos, radiação, temperatura do ar, pressão atmosférica, umidade do ar e precipitação (SALES et al., 2017). A precipitação pluviométrica é o principal meio de entrada de água em um sistema, enquanto a evapotranspiração é o meio de perda dessa água em um sistema (LEMOS; BOTELHO, 2010) contudo a dinâmica

desses componentes é igualmente compreendida através do balanço hídrico. O balanço hídrico climatológico (BHC) é um instrumento meteorológico útil e prático, sendo sua utilização indispensável na caracterização climática. Além dessas utilidades, o BHC, quando empregado de maneira sequencial, permite quantificar a necessidade de água em uma cultura, gerir os recursos hídricos de uma bacia e etc (DOORENBOS et al., 1994).

A evapotranspiração (ETo) é tida como a perda de água do solo através da evaporação e juntamente com a planta por meio da transpiração, é um processo de transferência de água no estado líquido ou sólido para o estado de vapor juntamente com a transpiração estomática e das cutículas dos vegetais através das folhas, a ETo é um elemento meteorológico essencial, que confere ao processo oposto da chuva, e a mesma é expressada em milímetros (MENDONÇA et al., 2003).

Por sua vez a ETo está condicionada a radiação solar, temperatura do ar, umidade do ar e velocidade do vento, com isto, se ocorre variações nesses elementos a longo prazo, pode ocorrer alteração da ETo. De acordo Alencar et al. (2014), estudos vêm sendo realizados com modelos de predição referente as mudanças climáticas para analisar o impacto que vem ocorrendo das mudanças climáticas na ET, e os resultados apontam que nos próximos anos a ETo aumentará se ocorrer aumento de temperatura.

Alterações pequenas na temperatura do ar e precipitação pluviométrica, em razão do aquecimento sistema terra-atmosfera, junto com os seus efeitos não lineares sobre a ETo e umidade do solo, pode implicar em mudanças significativas na dinâmica da qualidade, quantidade e qualidade da água (BANDYOPADHYAY et al., 2009).

De acordo com o relatório do IPCC, muito provavelmente as causas desse grande aumento da temperatura do ar são oriundas de emissões antropogênicas de gases de efeito estufa, com isso, a ETo, é afetada com o aquecimento global devido a sua dependência a temperatura do ar (VALVERDE; PAIVA JUNIOR., 2018).

A evapotranspiração tem grande influência no ciclo hidrológico, Menzel e Burger (2002) apresentaram que se há aumento na temperatura da superfície da Terra então haverá taxas maiores de evaporação, logo a atmosfera aumentará o transporte de quantidade de vapor de água e isso levará a um aumento na intensidade dos processos do ciclo hidrológico.

A evapotranspiração contribui expressivamente sobre a precipitação total de uma determinada região, ocorrendo a retroalimentação de precipitação entre a superfície e a atmosfera, de forma mais simples, essa reciclagem é dada como a quantidade de água de um devido local que evapotranspira da superfície terrestre e volta em forma de precipitação sobre esse mesmo local (ROCHA et al., 2017).

A distribuição e tendência da evapotranspiração de referência (ET_o) é de suma importância para um melhor planejamento dos recursos hídricos e também para a agricultura, uma vez que o seu comportamento futuro vem sendo bastante discutido em relação ao aquecimento global (ALENCAR et al., 2011).

Além de todas as características citadas anteriormente, a ET_o exerce grande responsabilidade na perda de água das bacias hidrográficas, influenciando assim diretamente nos processos hidrológicos, com a compreensão das variações espaciais e temporais da ET_o, essa acaba sendo um componente substancial nos estudos hidrológicos (FRANCISCO et al., 2017).

2.5. ESTUDOS DOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS E INTERAÇÃO REGIONAL

Para a Amazônia, faz-se importante e de grande relevância o estudo da frequência desses eventos para com as informações obtidas permitam uma maior organização das atividades humanas, zoneamentos agrícolas, gestão dos recursos hídricos, distribuição de energia elétrica, calendário de cultivos agrícolas e a mais importante, previsão de ocorrência desses extremos a fim de evitar desastres ambientais (SANTOS et al., 2017).

A principal entrada de água no ciclo hidrológico ocorre por precipitação e a maior saída fica dividida entre escoamento superficial e evapotranspiração.

As variáveis dependentes do ciclo hidrológico que tem maior destaque são: precipitação, vaporização e condensação, área, relevo, geologia, cobertura vegetal, fisiografia da bacia de drenagem, estes influenciam no processo de trocas e promovem interações biogeoquímicas terra-água (ABREU; CUNHA., 2017).

O aumento de CO₂ causado pela ação humana no ciclo hidrológico da Bacia Amazônica pode ser observado no aumento da frequência de eventos extremos climáticos nas últimas décadas, e isso prejudica na regulação da água. O efeito estufa modifica o balanço energético do clima, precipitação e também o ciclo hidrológico, e a função de resposta fisiológica das plantas em relação ao aumento de CO₂ promove controle desse ciclo, afetando a evapotranspiração da bacia (BOLWERK; ERTZOGUE., 2021).

Silva et al. (2017) acreditam que os estudos em bacias hidrográficas são essenciais para o entendimento da dinâmica da água e suas consequências ambientais, proporcionando uma visão ampla e satisfatória do ambiente solo, água e vegetação e os efeitos das mudanças climáticas e do ciclo hidrológico. A percepção dos fatores climáticos

em uma bacia hidrográfica é de fundamental importância para o manejo e gestão adequada dos recursos hídricos mantendo seu equilíbrio ambiental (FRANÇA et al., 2020).

A mudança, das variáveis do clima (temperatura, ventos, umidade relativa, pressão atmosférica e precipitação) por atividades humanas provocam em longo prazo, alterações expressivas na dinâmica da água, reduzindo mananciais por assoreamento, diminuição da rede de drenagem da bacia, chuvas elevadas ou reduzidas, eventos com alta intensidade. Uma série de outros problemas advindos dessa cadeia de atividades mal planejadas podem levar ao declínio total de água em algumas sub-bacias (CASSETARI; QUEIROZ, 2020).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho reuniu as principais literaturas sobre tendências climáticas no Brasil. É possível observar que os estudos sobre tendências de séries temporais climatológicas, realizados em diferentes regiões do Brasil, apresentam tendência significativa e perda de estacionariedade para as temperaturas e que as mesmas apontam para não interferência no regime pluviométrico, embora alguns trabalhos apontem leve tendência nas precipitações pluviométricas.

A revisão literária aponta para a importância dos estudos dos demais elementos do clima, haja vista que a grande maioria dos estudos são sobre séries temporais de pluviometria e temperaturas.

Devido a interação dos elementos do clima e a interferência direta da temperatura sob a demanda evapotranspirométrica, é importante os estudos de tendências em séries temporais de evapotranspiração.

Os trabalhos apresentados nessa revisão de literatura tem em sua grande maioria utilizando dos testes não paramétricos de Mann- Kendall (MK) seguidos de Spearman rho e o teste de Pettitt, para observância da perda estacionaria das séries temporais.

4. REFERENCIAS

ABREU, C. H. M.; CUNHA, A. C. Qualidade da água e índice trófico em rio de ecossistema tropical sob impacto ambiental. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 45-56, out. 2017.

AHMAD, I.; TANG, D.; WANG, T.; WANG, M.; WAGAN, B. **Precipitation trends over time using Mann-Kendall and spearman's rho tests in swat river basin, Pakistan.** *Advances in Meteorology*, Londres, 2015.

ALENCAR, L. P. D.; MANTOVANI, E. C.; BUFON, V. B.; SEDIYAMA, G. C.; SILVA, T. G. Variação temporal dos elementos climáticos e da ETo em Catalão, Goiás, no período de 1961-2011. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 8, p. 826-832, 2014.

ALENCAR, L. P. D.; SEDIYAMA, G. C.; MANTOVANI, E. C.; MARTINEZ, M. A. Tendências recentes nos elementos do clima e suas implicações na evapotranspiração da cultura do milho em Viçosa-MG. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 4, p.631-642, 2011.

ARENAS, A. I. O.; OCHOA, M. R.; MIRANDA, J. P. R. Planificación y gestión de los recursos hídricos: una revisión de la importancia de la variabilidad climática. **Revista Logos, Ciência & Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 100-105, 2017.

ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R.; YANAGI, S. N. M.; SACRAMENTO NETO, O. B. Tendências de temperaturas mínimas e máximas do ar no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 4, p. 247-256, 2014.

BAKER, I. T.; PRIHODKO, L.; DENNING, A. S.; GOULDEN, M.; MILLER, S.; ROCHA, H. R. "Seasonal Drought Stress in the Amazon: Reconciling Models and Observations." **Journal of Geophysical Research**, v.114, n. 1, p. 1-10, 2008.

BANDYOPADHYAY, A.; BHADRA, A.; RAGHUWANSHI, N. S.; SINGH, R. Temporal trends in estimates of reference evapotranspiration over Índia. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 14, n. 5, p. 508-515, 2009.

BOLWERK, D. A.; ERTZOGUE, M.H. Mudanças climáticas e/ou mudanças socioculturais na Amazônia Legal. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 1, p. 202-213, 2021.

BONFIM, O. E. T.; SILVA, D. F.; KAYANO, M. T.; ROCHA, L. H. S. Análise dos Eventos Climáticos Extremos e de Suas Causas Climáticas para Redução de Riscos nas Bacias Hidrográficas Aguapeí e Peixe, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. esp, p. 755-768, 2020.

BRANDO, P. M.; BALCH, J. K.; NEPSTAD, D. C.; MORTON, D. C. Abrupt increases in Amazonian tree mortality due to drought-fire interactions. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 111, n. 17, p. 6347–6352, 2014.

BRANDO, P. M.; DANIEL, C. N.; ERIC, A. D.; SUSAN, E. T.; DAVID, R.; PLÍNIO, C. "Drought Effects on Litterfall, Wood Production and Belowground Carbon Cycling in an Amazon Forest: Results of a Throughfall Reduction Experiment." In. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. **Revista Biological Sciences**, v. 363, n. 1498, p. 1839–48, 2008.

CARMO, M. V. N. S.; LIMA, C. H. R. Caracterização Espaço-Temporal das Secas no Nordeste a partir da Análise do índice SPI. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 2, p. 233-242, 2020.

CERA, J.C.; FERRAZ, S.E.T. Variações climáticas na precipitação no sul do Brasil no clima presente e futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 1, p. 81-88, 2015.

- CHRISTOFOLETTI, A.L.H. **Estudo sobre a sazonalidade da precipitação na bacia do Piracicaba**. (Dissertação) Mestrado em Filosofia, Letras e Ciências Humanas - Curso de Pós-Graduação em Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1993.
- CORDEIRO A. P. A.; BERLATO M. A.; FONTANA D. C.; ALVES R. DE C. M. Tendências climáticas das temperaturas do ar no estado do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 3, p. 868-880. 2016.
- COSTA, M. S.; LIMA, K. C.; GONÇALVES, W. A.; MATTOS, E. V. Sistemas convectivos de Mesosescala associados a eventos extremos de precipitação sobre o semiárido do Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ**, v. 42, n. 1, p. 317-328, 2019.
- DAMÁZIO, J. M.; COSTA, F. S. Stationarity of annual maximum daily streamflow time series in South-East Brazilian rivers. **Cadernos do IME. Série Estatística**, v. 37, p. 29-30, 2014.
- DELGADO, C. R.; SOUZA, L. P.; SILVA, I. W. R.; PESSÔA, C. S.; GOMES, F. A. Influência da mudança da paisagem amazônica no aumento da precipitação em Cruzeiro do Sul, AC. Enciclopédia biosfera, **Centro Científico Conhecer**, v. 8, n. 14, p. 665-674, 2012.
- DELGADO, R. C.; SOUZA, L. P. Tendência da precipitação e seu aproveitamento para fins não potáveis na Amazônia Ocidental, Acre. **Revista Nativa**, v. 2, n. 4, p. 208-213, 2014.
- DETZEL, D. H. M.; MINE, M. R. M. Trends in hydrological series: methods and application. **11th International Conference on Hydroscience & Engineering**, Hamburg, Germany, 2014.
- DIERMANSE, F., KWADIJK, J. C. J., BECKERS, J. V. L., AND CREBAS, J. I. Statistical trend analysis of annual maximum discharges of the Rhine and Meuse rivers, **BHS third international symposium**, New Castle, 2010.
- DUARTE, A. F. Aspectos da climatologia do Acre, Brasil, com base no intervalo 1971 – 2000. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, 308-317, 2006.
- DUARTE, A. F. Climatologia das Chuvas e Efeitos Antrópicos da Urbanização na Bacia do Rio Acre, Amazônia Ocidental. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 11, n. 1, p. 199-213, 2017.
- DUFFY, P. B.; PAULO, B.; GREGORY P. A.; CHRISTOPHER B. F. “Projections of Future Meteorological Drought and Wet Periods in the Amazon.”. **Proceedings of the National Academy of Sciences, Washington**, v. 112, n. 43, p. 13172-13177, 2015.
- FERRARI, A. L.; VECCHIA, F. A. S.; COLABONE, R. O. Tendência e variabilidade anuais da temperatura e da pluviosidade em Pirassununga-SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 10, n. 8, p. 30-46, 2012.
- FERREIRA, D. H. L.; PENEREIRO, J. C.; FONTOLAN, M. R. Análises estatísticas de tendências das séries hidro climáticas e de ações antrópicas ao longo das sub-bacias do Rio Tietê. **Revista Holos**, v. 2, n. 31, p. 50-68, 015.
- FRANÇA, M. V.; MEDEIROS, R. M.; ARAÚJO, W. R. Isolinha erosiva máxima pelo método da krigagem na bacia hidrográfica do rio Paraíba, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 1-22, 2020.

- FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M.; MATOS, R. M.; SANTOS, D.; SABOYA, L. M. F. Evapotranspiração de referência mensal e anual pelo método de Thornthwaite para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, n. 13, p. 135-147, 2017.
- GASQUES, A. C. F.; NEVES, G. L.; SANTOS, J. D.; MAUAD, F. F.; OKAWA, C. M. P. Regionalização de vazões mínimas: breve revisão teórica. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 14, n. 2, p. 60-70, 2018.
- GIULIO, G. M.; TORRES, R. R.; VASCONCELLOS, M. P.; BRAGA, D. R. G. C.; MANCINI, R. M.; LEMOS, M. C. Eventos extremos, mudanças climáticas e adaptação no Estado de São Paulo. **Revista Ambiente & Sociedade**, v. 22, n. 3, p. 1-20, 2019.
- GOMES, A. C. S.; COSTA, M. S.; COUTINHO, M. D. L.; VALE, R. S.; SANTOS, M. S.; SILVA, J. T.; FITZJARRALD, D. R. Análise estatística das tendências de elevação nas séries de temperatura média máxima na Amazônia Central: estudo de caso para a região do oeste do Pará. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, n. 11, p. 82-97, 2015.
- GUEDES H A. S. , PRIEBE P. DOS S., MANKE E. B. Tendências em Séries Temporais de Precipitação no Norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 2, p. 283, 291, 2018
- GUERRA, A. M. N. M.; FERREIRA, J. B. A.; VIEIRA, T. S.; FRANCO, J. R. Desempenho Agrônomo e Atividade Fotossintética de Rabanetes Nas Condições Amazônicas. **Revista Brasileira De Agropecuária Sustentável**, v. 7, n. 3, p. 24-31, 2017.
- IPCC. **Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change**. New York: Cambridge University Press, 2014.
- KAHYA, E.; KALAYCI, S. Trend analysis of streamflow in Turkey. **Journal of Hydrology**, v. 289, p. 128–144, 2004.
- KENDALL, M.G. **Rank correlation Methods**. 4^a ed. Londres: Charles Griffin, 1975.
- KIEFER, A. P.; COSTA, R. M.; PETSCH, C.; SCCOTI, A. A. V. Panorama das Alterações nos Padrões de Precipitação e Erosão diante de Mudanças Climáticas: Revisão de Literatura. **Revista Brasileira de Geografia Física, Pernambuco**, v. 14, n. 3, p. 1724-1747, jul. 2021.
- LIMA, J. C. DE.; ARRAES, F. D. D.; OLIVEIRA, J. B. DE.; NASCIMENTO, F. A. L. DO.; MACÊDO, K. G. Parametrização da equação de Hargreaves e Samani para estimativa da evapotranspiração de referência no Estado do Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agrônoma**, v. 47, n. 3, p. 447- 454, 2016.
- MANN, H. B. Non-parametric tests against trend. The Econometric Society: *Econometrica*, **New Haven**, v. 13, n. 3, p. 245-259, 1945.
- MARENGO, J. A.; CAMARGO, C. C. Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960-2002. **International Journal of Climatology**, v. 28, p. 893-904, 2008.
- MEDEIROS, R. M. Análise Climática da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca-PE. **Brazilian Journal of Agroecology and Sustainability**, v. 2, n. 1, p. 1-17, 2020.
- MENDONÇA, J. C.; SOUSA, E. F. D.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 275-279, 2003

- MENZEL, L.; BURGER, G. Climate change and runoff response in the Mulde catchment (Southern Elbe, Germany). **Journal of Hydrology**, v. 267, n. 1, p. 53-64, 2002.
- MILLY, P. C. D.; DUNNE, K. A.; VECCHIA, A.V. Global pattern of trends in streamflow e water availability in a changing climate. **Nature**, v. 438, n. 17, p. 347-350, 2005.
- MOREIRA, J. G. V.; AQUINO, A. P. V.; MESQUITA, A. A.; MUNIZ, M. A.; SERRANO, R. O. P. Stationary in anual daily maximum streamflow series in the upper Juruá River, western Amazon. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 02, p. 705-713, 2019.
- MOREIRA, J. G. V.; MUNIZ, M. A; MAIA, G. F. N. MESQUITA, A. A.; PEREIRA, L. B.; SERRAN, R. O. P. FREQUENCY ANALYSIS OF MAXIMUM FLOWS RECORDED IN THE UPPER JURUÁ RIVER BASIN, ACRE, BRAZIL. South American **Journal of Base Education, Technical and Technological**, v. 7, n. 2, p. 23-36, 2020.
- MOREIRA, J. G. V.; NAGHETTINI, M. ELEUTERIO, J. C. Frequência e risco sob não-estacionariedade em registros pluviométricos da bacia do alto rio Tarauacá, Acre. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 1, p. 232-241, 2016.
- MOREIRA, J.G.V.; NAGHETTINI, M. Detecção de tendências monotônicas temporais e relação com erros dos tipos I e II: estudo de caso em séries de precipitações diárias máximas anuais do estado do Acre. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 4, p. 394-402, 2016.
- MUTHONI, F. K.; ODONGO, V. O.; OCHIENG, J.; MUGALAVAI, E. M.; MOURICE, S. K.; ZELEDON, I. H.; MWILA, M.; BEKUNDA, M. Long-term spatial-temporal trends and variability of rainfall over Eastern and Southern Africa. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 137, n. 3-4, p. 1869-1882, 2018.
- NASCIMENTO, J. S. M. D.; AGUIAR, R. G.; FISCHER, G. R.; ANDRADE, N. L. R. D.; AGUIAR, L. J. G.; WEBLER, A. D. Mudanças no Uso da Terra na Amazônia Ocidental e a Resposta do Microclima à Ocorrência de Eventos Extremos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 1, p. 135-145, 2020.
- NASCIMENTO, J. S.; JUNIOR, C. S. S.; MONTEIRO, M. J. G.; LOPES, P. V. N.; SILVA, Y. P. Monitoramento ambiental Impactos ambientais movidos pelo desmatamento sucessivo da amazônia legal. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 33157-33167, 2019.
- NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. Teacher Background: The Greenhouse Ef-fect. NOAA. Disponível em: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/education/info_activities/pdfs/TBI_greenhouse_elfect.pdf>. Acesso em 10/03/2021.
- NÓBREGA, M. T.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, E. M.; PAZ, A. R. Uncertainty in climate change impacts on water resources in the Rio Grande Basin, Brazil. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 15, n. 2, p. 585-595, 2011.
- NÓBREGA, R. S. Impactos do desmatamento e de mudanças climáticas nos recursos hídricos na Amazônia ocidental utilizando o modelo SLURP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. spe, p. 111-120, 2014.
- ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Resolução A/RES/64/292**, aprovada pela Assembleia Geral das Nações Unidas em 28 de julho de 2010. Genebra, 2010. Disponível em: <Disponível em: <http://bit.ly/1CcbtRm> >. Acesso em: 20/01/2021.

- PETTITT, A. N. A Non-Parametric Approach to the Change- Point Problem. **Applied Statistics**, v. 28, p. 126-135, 1979.
- RAO, V. B.; FRANCHITO, S. H.; SANTO, C. M. E.; GAN, M. A. An update on the rainfall characteristics of Brazil: Seasonal variations and trends in 1979-2011. **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 1, p. 291–302, 2016.
- REBOITA, M. S.; KRUCHE, N. Normais Climatológicas Provisórias de 1991 a 2010 para Rio Grande, RS. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 3, n. 1, p. 165-179, 2018.
- RIBEIRO, R.E.P.; ÁVILA, P.L.R.; BRITO, J.I.B.; SANTOS, E. G.; SOUSA, L.F. Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí-Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 798- 807, 2014.
- ROCHA, V. M.; CORREIA, F. W. S.; SILVA, P. R. T. D.; GOMES, W. B.; VERGASTA, L. A.; MOURA, R. G. D.; SILVA, J. J. S. D. Reciclagem de Precipitação na Bacia Amazônica: O Papel do Transporte de Umidade e da Evapotranspiração da Superfície. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 3, p. 387-398, 2017.
- SALATI, T. **Economia das Mudanças Climáticas no Brasil. Estimativa da Oferta de Recursos Hídricos no Brasil em Cenários Futuros de Clima**. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, 2008.
- SALES, M. A. de L.; SÁNCHEZ ROMÁN, R. M.; SINOBAS, L. R.; MONTEIRO, R. N. F.; SOUZA, J. V. R. D. S. D. Avaliação da disponibilidade hídrica na sub-bacia do boi branco através do balanço hídrico climatológico e de cultivo. **IRRIGA**, v. 22, n. 1, p. 1–17, 2017.
- SALVADORI, N. **Evaluation of non-stationarity in annual maximum flood series of moderately impaired watersheds in the upper Midwest and Northeastern United States**. (Dissertation) Master of Science in Environmental Engineering – Department of Civil and Environmental Engineering, Michigan Technological University, Michigan, 2013.
- SANTOS, J. B.; DIAS, S. I. S. Prevenção de desastres naturais: planejamento participativo e educação ambiental para a cidade de Francisco Beltrão/PR. **Revista Thêma et Scientia**, v. 9, n. 1, p. 17-59, jun. 2019.
- SANTOS, R. S. D.; SEDIYAMA, G. C.; OLIVEIRA, R. A.; ABRAHÃO, G. M. Homogeneidade de séries climatológicas em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 12, p. 1338-1345, 2012.
- SANTOS, S. R. Q.; SANSIGOLO, C. A.; NEVES, T. T. A. T.; CAMPOS, T. L. O. B.; SANTOS, A. P. P. Frequência dos eventos extremos de seca e chuva na Amazônia utilizando diferentes bancos de dados de precipitação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 2, p. 468-478, 2017.
- SCHMIDT, D. M.; LIMA, K. C.; JESUS, E. S. Variabilidade climática da disponibilidade hídrica na região semiárida do estado do Rio Grande do Norte. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 41, n. 3, p. 483-491, 2018.
- SILVA, F. D. DOS S.; COSTA, R. L.; ANTONIO, M. A. V.; AFONSO, E. O.; SANTOS, D. M.; MATEUS, .; N. P. A.; ANTONIO, J. F. Tendências observadas da evapotranspiração potencial no estado de Alagoas (1961-2016), **Geografia Física**, v. 11, n. 1, 2017.

SILVA, H. J. F.; LUCIO, P. S.; BROWN, I. F. Análise mensal, sazonal e interanual da evapotranspiração de referência para o sudoeste da Amazônia, Acre, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 6, p. 1711-1729, 2015.

SILVA, M. D. N. A. D.; PESSOA, F. C. L.; SILVEIRA, R. N. P. D. O.; ROCHA, G. S.; MESQUITA, D. A. (2018). Determinação da Homogeneidade e Tendência das Precipitações na Bacia Hidrográfica do Rio Tapajós. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 4, p. 665-675, 2018.

SILVA, R. O. B.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SOUZA, W. M. Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 22 n. 3, p. 579-589, 2016.

SILVEIRA, A. G.; MATTOS, V. L. D.; KONRATH, A. C. Avaliação da estacionariedade e teste de cointegração em séries temporais o caso da demanda de energia elétrica residencial no Brasil. **RETEC-Revista de Tecnologias**, v. 9, n. 3, p. 75-79, 2016.

SOUSA, J. W.; COSTA, D. B. Ajuste de distribuições de probabilidades à série 1970-2010 de precipitação máxima anual de Rio Branco, Acre. **Revista Scientia Naturalis**, v. 2, n. 1, p. 177-187, 2020.

SOUSA, M. M.; OLIVEIRA, W. Análise Morfológica da Rede de Drenagem do Alto Juruá/AC, Extraída de MDE/SRTM. **Revista Caminhos De Geografia**, v.18, n.61, p. 44-64, 2017.

SOUZA, C. M. N. Gestão da água e saneamento básico: reflexões sobre a participação social. **Revista Saúde e Sociedade**, v. 26, n. 4, p. 1058-1070, 2017.

SOUZA, T. S. NASCIMENTO, P. S. ANÁLISE DA VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO RECÔNCAVO SUL (BA). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, n. 16, 2020.

TAN, X. Z.; GAN, T. Y. Nonstationary analysis of annual maximum streamflow of Canada, **Journal of Climate**, v. 28, n. 5, 2015.

THORNTHWAITE, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. **Geography Review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

TORETI, A.; DESIATO, F. Mudanças nos extremos de temperatura na Itália nos últimos 44 anos. **International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 28, n. 6, p. 733-745, 2013.

VALVERDE, M. C.; PAIVA JUNIOR, H. Temperatura do ar e emissões urbanas em região industrial de São Paulo, Brasil. **Acta Brasiliensis**, v. 2, n. 2, p. 45-52, 2018.

WANDERLEY, H. S.; SEDIYAMA, G. C.; JUSTINO, F. B.; ALENCAR, L. P. D.; DELGADO, R. C. Variabilidade da precipitação no Sertão do São Francisco, estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 790-795, 2013.

WANG, W.; VAN GELDER, P. H. A. J. M.; VRIJLING, J. K. Trend and stationarity analysis for streamflow processes of rivers in Western Europe in the 20th century, **IWA International Conference on Water Economics, Statistics, and Finance**, Rethymno, Greece, 2005.

YEH, C.; WANG, J.; YEH, H.; LEE, C. Spatial and Temporal Streamflow Trends in Northern Taiwan. **Water**, v. 7, n. 2, p. 634-651, 2015.

YUE, S.; WANG, C. Y. Aplicabilidade do prewhitening para eliminar a influência da correlação serial no teste de Mann - Kendall. **Water Resources Research**, v. 38, n. 6, p. 41-47, 2002.

ZANIN, P. R. BONUMÁ, N. B.; FRANCO, D. COMPORTAMENTO HIDROSEDIMENTOLÓGICO DE BACIA HIDROGRÁFICA COM RESERVATÓRIO, **Revista Geociências, UNESP**, v. 36, n. 1, p. 185 - 203, 2017.

ZENG, N.; YOON, J. H.; MARENGO, J. A. SUBRAMANIAM, A.; NOBRE, C. A.; MARIOTTI, A.; NEELIN, J. D. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. **Environmental Research Letters**, v. 3, n. 1, p. 1-9, 2008.

QUALIDADE DA ÁGUA DE PESQUE-PAGUES: ASPECTOS FISÍCO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

Mariana Nogueira Braulino de Melo¹, Karyne Oliveira Coelho², Fernanda Rodrigues Taveira Rocha², Osvaldo Jose da Silveira Neto² e Aracele Pinheiro Pales dos Santos Docente²

1. Universidade Estadual de Goiás (UEG), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável, Campos Oeste, São Luís de Montes Belos, Goiás, Brasil;
2. Universidade Estadual de Goiás (UEG), Campos Oeste, São Luís de Montes Belos, Goiás, Brasil.

RESUMO

A importância da água dos pesque-pagues inicia-se no momento de entrada das mesmas nos viveiros. Cita-se que a manutenção da qualidade da água em viveiros de piscicultura é requisito básico para o sucesso econômico do sistema produtivo, da segurança dos alimentos disponibilizado por estes empreendimentos e para o meio ambiente. Objetivou-se investigar a qualidade da água de três pesque-pagues de São Luís de Montes Belos, Goiás. Na seca as médias dos parâmetros encontrados foram: 23,200 ± 1,274 para temperatura da água, 104,440 ± 57,162 para cor, 60,000 ± 42 para turbidez, 5,797 ± 0,465 para oxigênio dissolvido, 6,090 ± 0,137 para pH, 0,100 ± 0,000 para nitrito, 4.650 ± 0.709 para cloretos, 25.145 ± 13.886 para Sólidos Totais Dissolvidos. E no período chuvoso: 26,400 ± 0,658°C para temperatura da água, 199,520 ± 96,846 para cor; a 66,400 ± 42 para turbidez, 6,067 ± 0,548 para o oxigênio dissolvido, 6,145 ± 0,254 para pH, 0.072 ± 0.039 para nitrito, 3.100 ± 0.876 para cloretos, 36.727 ± 16.383 para Sólidos Totais Dissolvidos. Nos períodos, seco e chuvoso, os parâmetros microbiológicos, mantiveram-se os mesmos: >2419,6 Coliformes totais e < 1000 Coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*. Evidenciou valores em desacordo aos padrões recomendados na resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente, indicando um processo de degradação da qualidade da água.

Palavras-chave: Caranha, Coliformes e Limnologia.

ABSTRACT

The importance of pond water starts at the moment it enters the recreational fishing. It is mentioned that the maintenance of water quality in fishponds is a basic requirement for the economic success of the production system, the safety of the food made available by these enterprises, and for the environment. The objective of this study was to investigate the water quality of three recreational fishing in São Luís de Montes Belos, Goiás. During the dry season, the mean values of the parameters found were: 23,200 ± 1,274 for water temperature, 104,440 ± 57,162 for color, 60,000 ± 42 for turbidity, 5,797 ± 0,465 for dissolved

oxygen, $6,090 \pm 0,137$ for pH, $0,100 \pm 0,000$ for nitrite, $4,650 \pm 0,709$ for chlorides, $25,145 \pm 13,886$ for total dissolved solids. And in the rainy period: $26.400 \pm 0.658^{\circ}\text{C}$ for water temperature, 199.520 ± 96.846 for color; at 66.400 ± 42 for turbidity, 6.067 ± 0.548 for dissolved oxygen, 6.145 ± 0.254 for pH, 0.072 ± 0.039 for nitrite, 3.100 ± 0.876 for chlorides, 36.727 ± 16.383 for Total Dissolved Solids. In the dry and rainy periods, the microbiological parameters remained the same: >2419.6 total coliforms and < 1000 thermotolerant coliforms and *Escherichia coli*. Evidenciou valores em desacordo aos padrões recomendados na resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente, indicando um processo de degradação da qualidade da água.

Keywords: Water analysis, Coliforms and Limnology.

1. INTRODUÇÃO

Em estudos de estratégia para verificar as causas das alterações da qualidade da água de pesque-pagues, destacam-se os fatores antrópicos (BOGART et al., 2016; PULFORD et al., 2017), climáticos (ALVES et al., 2016) e contaminações horizontais (JIA et al., 2016), que através de seus efeitos acumulativos tornam-se preocupantes para a conservação da água, causando danos ao pescado, ambiente e a saúde pública (PINHEIRO et al., 2015).

Mudanças repentinas na densidade populacional dentro do viveiro (na alimentação, no volume de água, seja por causas antrópicas ou naturais como os períodos das chuvas, ou mesmo a quantidade de carga orgânica, podem provocar rápidas mudanças na qualidade da água (CHENG et al., 2015; YAVUZCAN YILDIZ et al., 2017). Faz-se necessário o monitoramento constante dos parâmetros de qualidade (ALVES et al., 2016; PULFORD et al., 2017). Erros de manejo na produção de peixes representam uma das causas do aparecimento de doenças veiculadas por alimentos (DVA) em humanos (CORREIA et al., 2015; CHENG et al., 2015; COSTA et al., 2016; ORTIZ et al., 2016).

A deterioração dos parâmetros da qualidade de água afeta a conversão alimentar dos peixes (PINHEIRO et al., 2015) e conseqüentemente a taxa de crescimento (PULFORD; POLIDORO; NATION, 2017) e a sanidade (DOMINGUES et al., 2017). Os peixes adaptam-se às condições das alterações, porém em situações de estresse severo e prolongado, a capacidade dos peixes em reestabelecer as funções normais tornam-se insuficientes; o que resulta no comprometimento fisiológico ou morte (JIA et al., 2016; COSTA et al., 2016).

Com a finalidade de padronizar a qualidade de água para preservação dos recursos aquáticos e sanidade; existem leis específicas para determinar limites “padrão” afim de avaliar/validar a qualidade físico-química e microbiológica da água (BRASIL, 2005). O

monitoramento das variáveis, que indicam o estado qualitativo da água é essencial para identificar a vulnerabilidade local frente às poluições (PULFORD et al., 2017; DOMINGUES et al., 2017). As informações do monitoramento fomentam as instituições de gerenciamento do recurso água, produtores e técnicos para desenvolverem ações de sustentabilidade ambiental das águas, como, estratégias de recuperação, conservação e preservação (CHENG et al., 2015; ALVES et al., 2016; YAVUZCAN YILDIZ et al., 2017).

Objetivou-se avaliar a qualidade da água de pesque-pagues, do ponto de vista físico-químico e microbiológico, em dois períodos do ano “seco e chuvoso”, no município de São Luís de Montes Belos, Goiás.

2. MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de São Luís dos Montes Belos, localizado na região Oeste-Goiano, Brasil; a uma altitude de 574,5 m, latitude de 16°31'30”S e longitude de 50°22'20”W. Essa região possui clima tropical de inverno seco e verão quente. Os dados climáticos utilizados no trabalho foram os do momento da coleta: temperatura ambiente e precipitação pluviométrica, coletados através da estação meteorológica do Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás (SIMEHGO). A estação seca inicia-se no mês de abril e estende-se até a primeira quinzena de outubro. A estação chuvosa se inicia na segunda quinzena de outubro e estende-se até março do ano seguinte.

Para estudo foram avaliados três pesqueiros, todos existentes no município, denominados A, B e C.

O pesque-pague A possui seis viveiros, dos quais quatro ficam na área de acesso ao público, e destes foram coletados água para análise, foram denominados viveiros 1, 2, 3 e 4, com medidas de área de superfície de 600m², 600m², 600m², 1.600m², respectivamente, e profundidade média de 1,40m. A propriedade trabalha com um sistema semi-intensivo de cultivo de peixes. A água captada para os viveiros é oriunda de uma nascente dentro da própria propriedade. O viveiro 1 abastece o viveiro 2, os viveiros 3 e 4 possuem entrada e saída de água independentes. Não existe controle de estocagem de peixes e nem de quantidade de ração fornecida aos mesmos. A ração é oferecida à vontade, enquanto os peixes estiverem comendo, foram verificadas sobras de ração na superfície da água. Cultiva-se as espécies de peixes caranha (*Piaractus mesopotamicus*) e pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). Durante a coleta de água foram observados cães bebendo da água dos viveiros

e verificado que outros animais têm acesso à água, como aves e bovinos.

O pesque-pague B possui dois viveiros, denominados viveiros 5 e 6, com áreas de superfície e profundidade, de 1.800m² e 1,40m, e 3.200m² e 2,00m, respectivamente. Corresponde a um sistema semi-intensivo de criação de peixes, onde cultivam-se as espécies caranha (*Piaractus mesopotamicus*) e pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). A água que abastece os viveiros é originada de uma represa na propriedade, e tem entrada e saída independentes entre si. Não possuem controle de densidade populacional, porém o proprietário relatou que colocou peixes em excesso.

O pesque-pague C possui quatro viveiros na área aberta à visitação, denominados 7, 8, 9 e 10, com áreas de superfície de 2.201m², 1.035m², 48m² e 600m², respectivamente, e profundidade que varia de 0,80m à 2,40m. Os taludes dos viveiros são concretados para evitar desbarranco. A água que abastece os viveiros é captada de um córrego que passa na propriedade. A água de um viveiro abastece o próximo viveiro consecutivamente. Cultivam-se as espécies caranha (*Piaractus mesopotamicus*) e pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). Não possuem controle de arraçoamento, fornecem ração à vontade aos peixes, e em maior quantidade no período matutino. No momento da coleta de água para análise, foi verificada a presença de patos nadando em viveiro dos peixes, e observado que cães e outros animais têm acesso aos mesmos. Os três pesqueiros realizam venda de peixes vivos ou abatidos, para serem consumidos no local ou levados para casa.

Os três pesque-pagues não apresentavam troca constante de água, apenas entrada de água para reposição das perdas por infiltração e evaporação. As coletas foram realizadas em um *pool* de água de cada viveiro, seguido o preconizado nas NBR 9897 – Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, NBR 9898 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores e *Standard Methods for Water and Wastewater*. As coletas nos pesque-pagues ocorreram em dois dias, em diferentes períodos sazonais, durante o período de 10 de agosto de 2017 (seca), e 27 de novembro de 2017 (chuva). No momento das coletas, a temperatura do ar compreendeu média no período seco de 25,4°C e no período chuvoso de 24,9°C. As médias do índice pluviométrico foram 10mm na estiagem e 197mm na época das águas.

Para a análise das características da água, foram avaliados os seguintes parâmetros no laboratório da Companhia Saneamento de Goiás S.A (SANEAGO/São Luís de Montes Belos): aferição da temperatura; realizada dentro do próprio viveiro no momento da coleta através de termômetro calibrado; determinação da Turbidez pelo método Nefelométrico *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater* (SMEWW), (APHA, 1994);

determinação da cor da água pelo método Espectrofotométrico platino cobalto SMEWW, método 2120-C; determinação da Dureza Total dada pela concentração total de cálcio e magnésio SMEWW, método 2340-B, expressa na forma de carbonato de cálcio; determinação do Nitrito pelo método Colorimétrico United States Environmental Protection Agency (US EPA) 353.3; determinação da Condutividade Elétrica pelo método eletrodo que mede a resistência SMEWW, método 2510; determinação dos Sólidos Totais Dissolvidos pelo método eletrodo que mede a resistência multiplicando o resultado da condutividade por 0,55, através do Método físico-químico para análises de alimentos do instituto Adolfo Lutz; determinação de Oxigênio Consumido pelo método de Permanganometria em Meio Ácido SMEWW, método 5220-D; determinação de pH Método físico-químico para análises de alimentos do instituto Adolfo Lutz, método 017; determinação de Alcalinidade pelo SMEWW, método 2320-B; determinação do Alumínio pelo método Eriocromo Cianina R – Equipamento DR – 890, Método físico-químico para análises de alimentos, do instituto Adolfo Lutz, método 394; determinação da Amônia pelo Método físico-químico para análises de alimentos 2005, do instituto Adolfo Lutz, método 189; determinação do Gás Carbônico pelo método Nomográfico e Titulométrico; determinação do Ferro Total pela técnica Fenantrolina, Método físico-químico para análises de alimentos, do instituto Adolfo Lutz, método 210; determinação de Cloretos pelo método Argentométrico ou de Mohr SMEWW, método 4500 Cl-D; determinação de coliformes Totais pela técnica de Substrato Enzimático, determinação de coliformes termotolerantes pela técnica de substrato enzimático, enumeração de *Escherichia Coli* pela técnica de Substrato Enzimático (APHA, 2005).

Para a realização da análise estatística, utilizou-se o programa estatístico *Bioestat 5.3*. Verificou-se a influência da variação sazonal (período da seca e período chuvoso) na qualidade da água. Para verificar se os dados apresentavam uma distribuição normal, foi realizado o Teste de Normalidade de Kolmogorov – Smirnov. As variáveis microbiológicas foram transformadas em \log_{10} , visando obter uma distribuição normal. Utilizou-se nível de significância de 5% de probabilidade pelo Teste de *Tukey*. Os valores obtidos para as avaliações realizadas também foram confrontados aos padrões estabelecidos pela legislação vigente e ou a literatura especializada (BRASIL, 2005; KUBITZA 2003; LIMA et al., 2013; BRASIL, 2014) determinando-se a frequência relativa de não conformidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observado efeito da estação do ano sobre a qualidade microbiológica da água dos viveiros dos pesqueiros (Tabela 1).

Tabela 1. Percentual de não conformidade quanto à análise microbiológica da água de pesque-pagues, São Luís de Montes Belos, Goiás

| Análise | Não Conformidade (%) | | Média (NMP/100mL) | | Padrão/ Recomendação |
|--------------------------|----------------------|---------|-------------------|---------|-------------------------|
| | Seco | Chuvoso | Seco | Chuvoso | |
| Coliforme total | 30 | 30 | 2490a | 2490a | < 5.000 NMP/100mL* |
| Coliforme termotolerante | 10 | 10 | 429a | 435a | < 1.000 NMP/100mL* |
| <i>Echerichia coli</i> | 10 | 10 | 179a | 177a | < 1.000 NMP/100mL** |

*CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. **Padrão recomendado pela OMS. Médias seguidas da mesma letra, em cada linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

A maior concentração de coliformes totais na água dos pesque-pagues não representa necessariamente problemas para a saúde dos frequentadores e manipuladores, uma vez que não é um indicativo de contaminação fecal. Porém, El-Shafai et al. (2004) destacaram que a composição microbiológica da água de cultivo reflete na variedade de bactérias presentes na pele do peixe. A não conformidade quanto a presença de coliforme total foram relatada por Silva et al. (2012) e Alves et al. (2016) em águas de pesque-pagues de Corumbataí São Paulo e semiárido Cearense, respectivamente. Os autores indicaram que o manejo errôneo do arraçoamento, pode ser um dos fatores a ter contribuído para a não conformidade referente aos coliformes totais em água dos pesque-pagues, fator que pode ter contribuído também para a não conformidade observada na pesquisa realizada. Os alimentos aumentam a carga de resíduos orgânicos para a aquicultura, o que prejudica a qualidade da água e aumenta a poluição orgânica (TUCKER; HARGREAVES, 2008). Posto que, cerca de 20% da alimentação fornecida aos peixes não é consumida, e acaba sendo direcionada como resíduo para o ambiente aquático. Alimentos não consumidos e fezes são rapidamente decompostos por bactérias, que por sua vez favorecem o aumento das mesmas na água (BOYD; TUCKER, 2014).

A não conformidade quanto aos coliformes termotolerantes e *E. coli* pode ser justificada pela presença e fluxo de aves e mamíferos, tanto nos locais dos viveiros, quanto nas proximidades, pois os dejetos podem ser carregados para os corpos hídricos através do escoamento da água das chuvas (GROTT et al., 2016). Cita-se que estes grupos de microrganismos estão presentes naturalmente na microbiota intestinal dos animais homeotérmicos, mas não está normalmente presente na microbiota intestinal dos peixes, a sua presença na água indica contaminação de origem fecal, através de contaminação direta ou indireta (FRAZIER; WESTHOFF, 1988).

Além dos animais térreos excretarem contaminantes biológicos através das fezes, seus resíduos também podem liberar hormônios estrogênicos nos corpos d'água, o que se torna uma preocupação com saúde pública e ambiental (LOPES et al., 2010). Mandal et al (2009) encontraram alta quantidade de coliformes termotolerantes e *Escherichia coli* no pescado, justificados pela má qualidade da água advindas da presença de cisnes e animais de estimação, principalmente cães, em torno dos viveiros, e também influenciada pela alta densidade de peixes e manejo errado de alimentação (DOYLE; ERICSON, 2006); tal fato também foi observado durante as coletas.

Os dados de Do Valle Júnior et al. (2013) revelaram que os corpos hídricos podem sofrer influências sazonais, manifestou um aumento de coliformes termotolerantes paralelamente ao aumento do volume de chuvas. No presente trabalho, não houve influência sazonal sobre o parâmetro microbiológico. Os dados de Lorenzon et al. (2010) para a avaliação do perfil microbiológico da água de cultivo de cinco pesque-pagues da região nordeste do Estado de São Paulo, mostraram amplitude de variação desde $3,8 \times 10^2$ até $2,0 \times 10^4$ NMP.100mL⁻¹, porém, como foi realizada apenas uma coleta no ano, não foi possível observar-se variações sazonais. Resultado semelhante ao encontrado neste trabalho foi obtido por Silva et al. (2012) em pesque-pagues da região da bacia do Corumbataí, que indicaram carga poluidora elevada, e que demonstrou necessidade de maior controle dos viveiros.

Além do risco para o homem a contaminação da água por microrganismos coliformes e *E. coli*, pode contaminar e afetar negativamente a imunidade dos peixes e aumentar a probabilidade desses animais serem acometidos por infecções oriundas de microrganismos potencialmente patogênicos. Com isso os produtores acabam utilizando antimicrobianos e outros produtos para controlar e prevenir doenças, e a adoção dessas práticas pode gerar consequências drásticas ao ambiente com o acúmulo de metais pesados e de cepas de microrganismos resistentes, no pescado e na água (LOPES et al., 2010). Portanto fica

evidente a importância do monitoramento da qualidade da água, conscientização dos proprietários e funcionários das estações dos pesqueiros e acompanhamento por profissionais qualificados para avaliar a qualidade microbiológica da água ao longo da cadeia produtiva de peixes, para não deixar que essa atividade se torne mais um problema ambiental e de saúde pública (CABELLO et al., 2013).

Na tabela 2 é possível verificar que os parâmetros físico-químicos em conformidade com a legislação foram: nitrito, cloretos, sólidos totais dissolvidos, tanto no período de estiagem quanto no chuvoso. Observou-se que há diferenças significativas entre os períodos analisados, contudo o período chuvoso demonstrou maior deterioração sobre a qualidade da água, visto que nesta época foi verificado maior quantidade de parâmetros em desacordo aos padrões estabelecidos. Entretanto o período de estiagem também deve ficar sob observação.

Tabela 2. Percentual de não conformidade quanto a análise físico-química, de acordo com a legislação e/ou parâmetros ideais para produção de peixes tropicais, em pesque-pagues de São Luís de Montes Belos, Goiás.

| Indicador | NC (%) | | Média ± Desvio Padrão | | Padrão |
|-----------------------------------|--------|------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| | Seco | Chuv | Seco | Chuvoso | |
| Temperatura (°C) | 90 | 10 | 23.200 ± 1.27 ^a | 26.400 ± 0.66 ^b | 26 - 30 ⁴ |
| Oxigênio (mg/L) | 10 | 10 | 5.797 ± 0.46 ^a | 6.067 ± 0.55 ^a | > 5,0 ¹ |
| Gás carbônico (mg/L) | 100 | 100 | 45.980 ± 16.54 ^a | 25.784 ± 7.672 ^b | < 10 ⁴ |
| pH | 20 | 30 | 6.090 ± 0.14 ^a | 6.145 ± 0.254 ^a | 6,0 – 9,0 ¹ |
| Cor aparente (uH ou mg Pt/L) | 10 | 40 | 104.440 ± 57.16 ^a | 199.520 ± 96.84 ^b | 0 – 200 ^{1,3} |
| Turbidez (NTU) | 10 | 10 | 60.000 ± 42.73 ^a | 66.400 ± 42.42 ^b | < 100 ² |
| Alcalinidade total (mg/L) | 30 | 10 | 24.300 ± 13.38 ^a | 34.000 ± 12.85 ^b | ≥30 ² |
| Condutividade elétrica (µS/cm) | 20 | 10 | 24.300 ± 13.38 ^a | 34.000 ± 12.85 ^b | 20 – 100 ² |
| Sólidos totais dissolvidos (mg/L) | 0 | 0 | 0.064 ± 0,03 ^a | 0.95 ± 0.04 ^a | < 500 ² |
| Cloretos (mg/L) | 0 | 0 | 45.724 ± 25.25 ^a | 66.780 ± 29.79 ^b | < 250 ² |
| Dureza total (mg/L) | 0 | 40 | 25.15 ± 13.89 ^a | 36.727 ± 16.38 ^b | > 20 ¹ |
| Ferro total (mg/L) | 40 | 100 | 4.650 ± 0.71 ^a | 3.100 ± 0.88 ^b | < 0,3 ² |
| Alumínio (mg/L) | 10 | 40 | 23.000 ± 7.07 ^a | 34.200 ± 6.43 ^b | < 0,1 ² |
| Nitrito (mg/L) | 0 | 0 | 0.615 ± 0.69 ^a | 0.895 ± 0.71 ^b | < 1,0 ¹ |
| Amônia (mg/L)* | 70 | 90 | 6.400 ± 2,08 ^a | 7.400 ± 3.06 ^b | 0,5 a 3,7 ^{**} |

Chuv: Chuvoso. NC: Não Conformidade. ¹Resolução 357/05 do CONAMA (BRASIL, 2005).²KUBITZA (2003)². ³FUNASA, Ministério da Saúde (BRASIL, 2014). ⁴LIMA et al., (2013). ** < 3,7 mg/L, para pH ≤ 7,5¹; < 2,0 mg/L, para 7,5 < pH ≤ 8,0¹; < 1,0 mg/L, para 8,0 < pH ≤ 8,5¹; < 0,5 mg/L, para pH > 8,5¹. Médias seguidas da mesma letra, em cada linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

As médias da temperatura da água observadas no mês de agosto (período seco) foram de 23,2°C e no mês de novembro (época das chuvas) de 26,4°C. Estes valores justificam-se pelas diferenças relacionadas às estações do ano, quando se obtém temperaturas mais baixas no outono e inverno, correspondente ao período seco, e temperaturas mais elevadas na primavera e verão, correspondente ao período de chuvas. Neste caso, a diferença entre os períodos sazonais foi significativa (3,2°C), enquanto que os resultados divulgados por Alves, Silva e Melo Júnior (2016), em pesque-pagues do semiárido cearense, foram no máximo de 1,6°C, e revelou semelhança estatística entre os períodos climáticos; estes resultados divergentes, provavelmente ocorre devido às características de cada região, Goiás com duas estações definidas e Ceará com uniformidade quanto as variações climáticas ao longo do ano.

A temperatura é um dos fatores mais importantes no ecossistema, que pode influenciar a distribuição e a abundância da flora e fauna (ANAND; KUMARASAMY, 2013). Os processos fisiológicos dos peixes estão diretamente relacionados com a temperatura da água, pois ela é importante para a reprodução dos peixes, e influi na dinâmica quantitativa e estrutural da espermatogênese (MELO et al., 2016). A Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), não estabelece parâmetro para temperatura. Porém sabe-se que a faixa indicada para a produção de peixes tropicais está entre 21,7° e 35,6°C (TOLEDO; DÍAZ CASTRO, 2001). Neste estudo, a temperatura da água conferiu conforto térmico aos peixes, considerando o local e as espécimes avaliadas, tanto no período seco quanto no chuvoso.

Avaliou-se uma pequena, diferença no teor de oxigênio (O₂) dissolvido na água entre os períodos do ano, 5,797mg/L na seca e 6,067mg/L na chuva. Os resultados estão dentro do estabelecido pela Resolução Conama 357/05. Porém tem-se que manter esses valores sob observação por estarem próximos ao limiar inferior preconizado. Uma vez que a redução do oxigênio dentro do viveiro podem determinar alterações no comportamento dos peixes, na natação e na ventilação das guelras, o crescimento será reduzido e aumentará a taxa de mortalidade dentro do viveiro (HANSEN et al., 2015).

Cita-se que as estações do ano podem influenciar os resultados das avaliações de oxigênio em água de pesque-pagues; em Dracena, município do estado de São Paulo, Sandré et al (2009) verificaram no inverno (correspondente a época seca) aumento médio de 12,5% no valor de oxigênio dissolvido em relação ao verão (correspondente a época de chuvas), contrariamente ao que ocorreu neste estudo, onde, a taxa de oxigênio permaneceu mais alta no período chuvoso. Isso ocorre devido aos índices pluviométricos, que são responsáveis por influenciar a quantidade de oxigênio dissolvido na água (FREITAS et al.,

2014). Outro fator advém das concentrações de matéria orgânica, que são responsáveis por alterar as demandas bioquímicas de oxigênio e influenciar na quantidade de oxigênio disponível dentro do viveiro (ANAND; KUMARASAMY, 2013).

Os níveis de O₂ também relaciona-se com a passagem de luz solar que vai para dentro dos viveiros, que propicia o aumento de fitoplânctons e fotossíntese, aumentando a quantidade de oxigênio disponível durante o dia (WETZEL, 2001). Portanto, as concentrações de oxigênio dissolvido dependem de vários fatores além da precipitação, como temperatura, fotossíntese, fitoplâncton e influxo de água (ANAND; KUMARASAMY, 2013).

Através da troca de oxigênio com o meio pelos animais cultivados, ou seja, da respiração, e também da decomposição microbiana, uma grande porção de carbono é transformada em gás carbônico e excretada na água (BOYD; TUCKER, 2014). O que pode ser uma das causas para os elevados níveis de CO₂ neste estudo, em ambos os períodos. Também pode ter contribuído para estes resultados o horário de coleta das amostras, que foram todas realizadas no período matutino, sabe-se os níveis de CO₂ são normalmente monitorados ao amanhecer, horário em que sua concentração é mais alta. Os valores de gás carbônico permaneceram muito diferentes entre os períodos sazonais, 45.980 (seca), e 25.784 (chuva), apesar de em ambos os casos estarem acima do permitido pela legislação.

Calheiros e Ferreira (1997) relataram a morte milhares de peixes no Pantanal, em decorrência do aumento das concentrações de gás carbônico e diminuição de oxigênio, onde encontram valores de 79 mg/L de gás carbônico dissociado. Os resultados de CO₂ neste estudo, estão bem acima que o recomendado por Lima et al. (2013), para a manutenção da vida de peixes. Esses altos teores podem levar a queda na alimentação dos peixes e diversos problemas alimentares (GOOD et al., 2018). Além de ocasionarem a poluição devido a favorecer a decomposição de matéria orgânica no fundo do viveiro e também a formação de nitrogênio amoniacal (LEIRA et al., 2016). Fatores que podem justificar os altos teores de amônia encontrados tanto no período seco (6.400mg), quanto no período chuvoso (7.400mg), contraposto o que estabelece a Resolução Conama 357/05 como aceitável. A amônia é um dos principais poluentes ambientais no sistema aquático, que afeta a sobrevivência e o crescimento de organismos vivos. Ela induz ao estresse oxidativo, causa apoptose celular e pode levar a danos no DNA (CHENG et al., 2015). Valores acima do permitido pela legislação, de 0,25 a 0,5 ppm de amônia, foram encontrados por Alencar et al (2012), que concluíram que a sobrevivência dos peixes estava ameaçada pelo risco de mortalidade devido à alta quantidade de amônia.

Os índices de nitrito foram encontrados dentro dos limites permitidos pela legislação CONAMA 357/05. Porém deve-se ter atenção aos valores encontrados, especialmente, no período seco, pois valores de 0.4mM, que são menores que o estabelecido pela legislação, pode representar risco para a saúde dos peixes, resultantes em disfunção fisiológica no sangue e falhas na imunidade (JIA et al., 2016). Além disso, o organismo de peixes expostos a nitritos tem efeitos nas enzimas antioxidantes e no sistema glutathiona no fígado, que responde com o aumento da glutathiona peroxidase, glutathiona-transferase e glutathiona reductase do fígado, o que leva ao estresse oxidativo (LIN et al., 2015). Provavelmente, as concentrações de nitrito estão dentro dos limites aceitáveis devido a sua natureza muito estável e suas concentrações serem convertidas imediatamente em amônia e nitrato (BHATNAGAR; DEVI, 2013).

Quanto ao pH os valores estão dentro do estabelecido pela Resolução Conama 357/05, que estabelecem resultados entre 6,0 e 9,0, para águas de classe 2. Porém, os valores encontrados, mesmo que estejam dentro do estabelecido pela legislação, ainda não está adequado para a produção de peixes e pode afetar no desenvolvimento da espécie, uma vez que Faria et al. (2013) consideram que a faixa ideal para a criação de peixe está entre 6,5 e 9,0. Como foi encontrado alto nível de CO₂, a maior absorção de CO₂ por organismos fotossintetizantes pode ser responsável pelo aumento da acidez na água (ANAND; KUMARASAMY, 2013). Cita-se que nos tanques dos pesqueiros registra-se uma esperada elevação de pH, devida à atividade fotossintética em geral intensa neste tipo de ambiente. Todavia, os valores de pH permanecem relativamente baixos.

Portanto, considera-se que os valores encontrados foram ácidos, muito próximos nos períodos amostrados, na seca aparecem mais ácidas que no período de chuvas, 6,090 e 6,145, respectivamente. Diferentemente deste estudo Sandre et al. (2009) encontraram diferenças significativas entre os períodos seco e chuvoso em pesque-pagues do estado de São Paulo; onde foram encontrados valores alcalinos no verão ($8,0 \pm 0,1$) e neutro ($7,7 \pm 0,1$) no inverno.

A cor aparente manteve-se dentro dos limites permitidos para cor natural da água em ambos os períodos, que é de no máximo 200 mg Pt/L (BRASIL, 2014). No período chuvoso, o parâmetro cor chegou bem próximo ao limite estabelecido, isso se deve ao aumento de turbidez da água que ocorre com a presença de chuvas, responsáveis por levar material particulado para a água (OLIVEIRA; CUNHA, 2014). Apesar de maior o nível de turbidez na época das chuvas, estes se mantiveram dentro do padrão estabelecido pela Resolução Conama 357/05, isso pode ocorrer devido ao aumento de turbidez ser por fatores naturais.

O aumento da turbidez está ligado ao aumento de sólidos totais dissolvidos (STD). Por isso pode-se verificar que quando há aumento dos sólidos totais dissolvido (STD) na época das chuvas, aumenta os valores de turbidez (FREITAS et al., 2014).

Deste modo pode-se justificar que tanto a turbidez e os STD mantiveram-se em maior quantidade na época das chuvas, devido ao maior volume de água no verão, o valor de sólidos totais dissolvido é maior neste período. A água da chuva pode ser responsável por carregar para dentro do corpo hídrico lodo fino e detritos, que são causas para o aumento dos níveis de sólidos em suspensão dentro da água. Atividades antropogênicas também é responsável por aumentar os sólidos totais na água (ANNAPOORANI et al., 2014).

A dureza total também apresentou significativa variação, sendo está em níveis muito elevados na época das chuvas em relação a seca. Os valores encontrados estão dentro do que permite a legislação, porém está abaixo do ideal do que é considerado para o bom desenvolvimento de peixes, que está entre 50 e 80 mg CaCO_3/l (PADUA, 2016). Através de causas antropogênicas, a dureza da água pode sofrer mudanças rápidas e extremas, e afetar a vida aquática. Por isto, faz-se necessário monitoramentos frequentes deste fator (BOGART, et al., 2016).

A condutividade está dentro dos valores estabelecidos para a produção ideal de peixes, vide Tabela 2. Ela aparece em maior nível na época das chuvas, devido ao escoamento de carga de poluentes trazidas pelas águas da chuva (SOUZA et al., 2014). Cita-se que valores elevados de condutividade elétrica podem ser relacionados à dinâmica de manejo dos pesqueiros, onde constantemente se adicionam grandes quantidades de matéria orgânica advinda, principalmente, da alimentação. No entanto neste trabalho, os resultados estiveram bem próximos do limite inferior, o que provavelmente relaciona-se a acentuada produção primária, sendo, portanto, uma maneira de avaliar a disponibilidade de nutrientes nos ecossistemas aquáticos.

Para o parâmetro alcalinidade a resolução Conama 357/05 não defini padrão para este fator, e pode-se usar o parâmetro determinado por Kubitzka (2003), que é de no mínimo 30 mg $\text{CaCO}_3/\text{L}^{-1}$. Observa-se neste estudo que a época da seca não atingiu a alcalinidade ideal mínima necessária para a produção de peixes, enquanto na época da chuva sim. A água dos viveiros apresentou uma alcalinidade baixa para a produção de peixes no período seco. Água, com baixa alcalinidade possui baixo efeito tampão e, conseqüentemente estão sujeitas à flutuação de pH (principalmente no período chuvoso), resultados contrários aos observados neste estudo, onde observou um pH ideal, porém com maior não conformidade da alcalinada no período seco. Contraposto do que foi encontrado por Sandre et al. (2009),

que não encontraram diferenças significativas para este fator entre os períodos. Valores mais baixos de alcalinidade podem ser justificados pelo consumo de bicarbonato realizado pela biota pantaneira (HARNEY et al., 2013). Chama a atenção a grande diferença verificada entre a alcalinidade dos viveiros, mas há que se registrar os longos desvios-padrão em todas as coletas realizadas.

No estudo apresentado, os níveis de cloreto indicam que há influências antropogênicas sobre a água. O cloreto é um fator que pode evidenciar problemas na água advindas de origem antrópicas, onde a relação sódio / cloreto indica se a relação é inferior a 0,86 indica que a água é água doce, se a razão entre 0,86 para 1 indica que a água começa a converter em salobra na natureza, se a relação é maior que 1, indica que há intrusão de atividade antropogênica (ANNAPOORANI et al., 2014). Muitas vezes quando encontrado altas quantidades de cloretos nos corpos hídricos, está relacionado a presença de fabricas de fertilizantes e resíduos agrícolas na região estudada (FERNANDES et al., 2005).

Os níveis de ferro estão acima do estabelecido pela legislação, em ambos os períodos sazonais. Sabe-se que valores de ferro acima 8,71 mg L⁻¹, além de afetar a qualidade da água, afeta a saúde dos peixes (JAVED et al., 2015). Altas concentrações de ferro na água têm efeitos sobre a saúde humana, provoca taquisfigmia, coagulação do sangue nos vasos sanguíneos, hipertensão e sonolência (NAZIR et al., 2015). A elevação nos valores de ferro pode estar ligados aos efluentes industriais e resíduos urbanos, como os esgotos (HASAN et al., 2012).

Metais pesados são bioacumuláveis e biotransferidos por fontes naturais e antropogênicas. A contaminação por metais em água é um processo que afeta o mundo inteiro e exige atenção (NAZIR et al., 2015). Outro metal responsável por prejudicar a vida dos peixes é o alumínio, encontrado fora dos padrões da legislação neste estudo, em ambos os períodos amostrados. Deve ficar sob observação juntamente com os valores de pH, pois pode se tornar mais tóxico em valores de pH menores que 6,0, devido a se tornar mais solúvel (ALWAN; HADI; SHOKR, 2009). O alumínio pode levar ao envenenamento dos peixes, influenciar nas operações vitais dos peixes, enfraquecer o sistema imunológico e induzir alterações patológicas (AUTHMAN et al., 2015).

Considerando todas as análises realizadas, observam-se que os parâmetros físico-químicos tiveram maior número de não conformidade quando comparado aos microbiológicos; demonstrando a necessidade de intervenção do produtor na atividade. Recomenda-se o tratamento dos efluentes advindos dos pesque-pagues com a finalidade de minimizar o possível processo de degradação ambiental.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os parâmetros físico-químicos sofreram influências sazonais nos períodos climáticos avaliados. Os resultados apontaram a necessidade do tratamento dos efluentes, sendo que no momento do estudo nenhum dos pesque-pagues possuía método de tratamento para os mesmos, o que é preocupante do ponto de vista ambiental, já que a carga poluidora contribuirá para poluir de forma direta ou indireta os corpos hídricos, pois seus efluentes serão carregados para os córregos próximos. Sugere-se o melhor manejo dos viveiros dos pesque-pague, pois esta pode ser a principal causa das alterações dos parâmetros da qualidade da água encontrados, visto que não é realizada filtragem da água de entrada para dentro dos viveiros, biometria dos animais, não fazem cálculos de ração fornecidas, não verificam quais outros tipos de alimentos os pescadores esportistas jogam nos viveiros, não há controle de entrada de aves e mamíferos nas áreas dos viveiros, e não há o costume de monitor a qualidade da água sobre os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. Faz-se necessário o acompanhamento e monitoramento das águas de pesque-pague, pois ela é importante do ponto de vista de saúde pública, para a sanidade piscícola e equilíbrio ambiental.

5. REFERÊNCIAS

ALENCAR, S. R.; SEIXAS, E. N. C.; TAVEIRA, L. K. P. D.; DE LIMA ROQUE, R.; JÚNIOR, H. D. N. M. Avaliação ambiental, físico-química e microbiológica do pesque-pague do Clube Recreativo Grangeiro, Crato-CE. **Cadernos de Cultura e Ciência**, v. 10, n. 1, p. 28-36, 2012.

ALVES, W. S.; SILVA, P. B.; MELO JÚNIOR, H. N. Variação sazonal da qualidade da água em pesque-pague do semiárido cearense. **Cadernos de Cultura e Ciência**, v. 15, n. 1, p. 93-103, 2016.

ALWAN, S. F.; HADI, A. A.; SHOKR, A. E. Alterations in hematological parameters of fresh water fish, *Tilapia zillii*, exposed to aluminum. **Journal of Science and its Applications**, v. 3, n. 1, p. 12-19, 2009.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. Water Pollution Control Federation; Water Environment Federation. **Standard methods for the examination of water and wastewater**, 1994.

ANAND, M.; KUMARASAMY, P. Studies on the physico-chemical status of Kottakudi Mangrove Estuary, Thiruppullani, Ramanathapuram district, Tamil Nadu. **Advances in Applied Science Research**, v. 4, n. 6, p. 173-177, 2013.

- ANNAPOORANI, A.; MURUGESAN, A.; RAMU, A.; RENGANATHAN, N. G. Hydrochemistry of groundwater in and around Chennai, India-A case study. **Research Journal of Chemical Sciences**. v. 4, n. 4, p. 1-8, 2014.
- AUTHMAN, M. M. N.; ZAKI, M. S.; KHALLAF, E. A.; ABBAS, H. H. Use of fish as bio-indicator of the effects of heavy metals pollution. **Journal of Aquaculture Research & Development**, v. 6, n. 4, p. 2-13, 2015.
- BHATNAGAR, A.; DEVI, P. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. **International Journal of Environmental Sciences**, v. 5, n. 2, p. 19-28, 2013.
- BOGART, S. J., WOODMAN, S., STEINKEY, D., MEAYS, C., & PYLE, G. G. Rapid changes in water hardness and alkalinity: Calcite formation is lethal to *Daphnia magna*. **Science of the Total Environment**, v. 559, p. 182-191, 2016.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Handbook for aquaculture water quality**. Craftmaster Printers. Inc., Auburn Alabama, 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília, DF, 2014.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF, 2005.
- CABELLO, F. C.; GODFREY, H. P.; TOMOVA, A.; IVANOVA, L.; DOLZ, H.; MILANAO, A.; BUSCHMANN, A. H. Antimicrobial use in aquaculture re-examined: its relevance to antimicrobial resistance and to animal and human health. **Environmental Microbiology**, v. 15, n. 7, p. 1917-1942, 2013.
- CALHEIROS, D. F.; FERREIRA, C. J. A. Alterações limnológicas no rio Paraguai (“dequada”) e o fenômeno natural de mortandade de peixes no Pantanal Mato-Grossense–MS. **Boletim de pesquisa**, v. 7, p. 48, 1997.
- CHENG, C. H., YANG, F. F., LING, R. Z., LIAO, S. A., MIAO, Y. T., YE, C. X., & WANG, A. L. Effects of ammonia exposure on apoptosis, oxidative stress and immune response in pufferfish (*Takifugu obscurus*). **Aquatic Toxicology**, v. 164, p. 61-71, 2015.
- CORREIA, L. F.; BISPO, D. F.; PAGANO, R. L.; DE JESUS SANTOS, E.; SILVA, A. S.; SILVA, C. F. Remoção de alumínio por via biotecnológica. **Scientia Plena**, v. 11, n. 12, p. 24-35, 2015.
- COSTA, T. D.; COSTA, R. D.; VAZ, A. N.; VIDAL, A. M. C. Qualidade microbiológica de tilápias obtidas de pesqueiros no interior de São Paulo, Brasil. **Ciência & Tecnologia: Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal, Jaboticabal**, v. 8, n. esp., 2016.
- DO VALLE JUNIOR, R. F.; ABDALA, V. L.; GUIDOLINI, J. F.; SIQUEIRA, H. E.; CANDIDO, H. G. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do rio Uberaba–MG. **Caminhos de Geografia**, v. 14, n. 45, p. 1- 11, 2013.
- DOMINGUES, A. S.; SOUZA, D. E.; BARBOSA, R. G.; VIANA, D. N.; JUNIOR, C. O. P.; SILVA, C. A. S. Sistema computacional para controle de uma piscicultura. **Revista Universidade do Vale do Paraíba**, v. 22, n. 40, p. 800, 2017.

- Doyle, M.P.; ERICKSON, M. C. Closing the door on the faecal coliform assay. **Microbe**. v. 1, p. 162-163, 2006.
- EL-SHAFI, S. A.; GIJZN, H. J.; NASR, F. A.; EL-GOHARY, F. A. Microbial quality of tilapia reared in fecal-contaminated ponds. **Environmental Research**, v. 95, n. 2, p. 231-238, 2004.
- FARIA, R. H. S.; MORAIS, M.; SORANNA, M. R. G. S.; SALLUM, W. B. **Manual de criação de peixes em viveiros**. Companhia de Desenvolvimento do Vale São Francisco: Brasília, 2013.
- FERNANDES, M. A. B.; SANTIAGO, M. M. F.; GOMES, D. F.; MENDES FILHO, J.; FRISCHKORN, H.; DE LIMA, J. O. G. A origem dos cloretos nas águas subterrâneas na chapada do Apodi Ceará. **Águas subterrâneas**, v. 19, n. 1, p. 25, 34, 2005.
- FRAZIER, W. C.; WESTHOFF, D. C. **Food Microbiology**. McGraw Hill. New York, 1988.
- FREITAS, R. S.; BOIJINK, C. D. L.; MUNIZ, A. W.; DAIRIKI, J.; INOUE, L. A. K. A. Qualidade da água e perspectivas para gerenciamento ambiental dos cultivos de tambaqui no município de Rio Preto da Eva, AM. **Revista Scientia Amazonia**, v. 3, n. 3, p. 34-56, 2014.
- GOOD, C.; DAVIDSON, J.; TERJESEN, B. F.; TAKLE, H.; KOLAREVIC, J.; BAEVERFJORD, G.; SUMMERFELT, S. The effects of long-term 20 mg/L carbon dioxide exposure on the health and performance of Atlantic salmon *Salmo salar* post-smolts in water recirculation aquaculture systems. **Aquacultural Engineering**, v. 81, p. 89-100, 2018
- GROTT, S. C.; HARTMANN, B.; DA SILVA FILHO, H. H.; FRANCO, R. M. B.; GOULART, J. A. G. Detecção de cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp. na água bruta das estações de tratamento no município de Blumenau, SC, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, p. 689-701, 2016.
- HANSEN, T. J.; OLSEN, R. E.; STIEN, L.; OPPEDAL, F.; TORGERSEN, T.; BRECK, O.; REMEN, M.; VAGSETH, T.; FJELLDAL, P. G. Effect of water oxygen level on performance of diploid and triploid Atlantic salmon post-smolts reared at high temperature. **Aquaculture**, v. 435, p. 354-360, 2015.
- HARNEY, N. V.; DHAMANI, A. A.; ANDREW, R. J. Seasonal variations in the Physico-chemical parameters of Pindavani pond of Central India. **Weekly Science**, v. 1, n. 6, p. 1-8, 2013.
- HASAN, Z.; ANWAR, Z. KHATTAK, K. U.; ISLAM, M.; KHAN, R. U.; KHATTAK, J. Z. K. Civic pollution and its effect on water quality of river Toi at District Kohat, NWFP. **Research Journal of Environmental and Earth Sciences**, v. 4, n. 3, p. 334-339, 2012.
- JAVED, M.; USMANI, N.; AHMAD, I.; AHMAD, M. Studies on the oxidative stress and gill histopathology in *Channa punctatus* of the canal receiving heavy metal-loaded effluent of Kasimpur Thermal Power Plant. **Environmental monitoring and assessment**, v. 187, n. 1, p. 4179, 2015.
- JIA, R.; LIU, B. L.; HAN, C.; HUANG, B.; LEI, J. L. The physiological performance and immune response of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) to nitrite exposure. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 181, p. 40-46, 2016.
- KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**, Jundiaí: Fernando Kubitza, 2003.

LEIRA, M. H.; DA CUNHA, L. T.; BRAZ, M. S.; MELO, C. C. V.; BOTELHO, H. A.; REGHIM, L. S. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **Publicações em Medicina Veterinária**, v. 11, p. 1-102, 2016.

LIMA, A. F.; RODRIGUES, A. P. O.; ALVES, A. L.; LUIZ, D. B.; HASHIMOTO, D. T.; VARELA, E. S.; REZENDE, F. P.; MATOS, F. T. **Piscicultura de água doce**: Multiplicando conhecimento, Brasília: Embrapa, 2013.

LIN, Y.; MIAO, L. H.; PAN, W. J.; HUANG, X.; DENGU, J. M.; ZHANG, W. X.; GE, X. P.; LIU, B.; REN, M. C.; ZHOU, Q. L.; XIE, J.; PAN, L. K.; XI, B. W. Effect of nitrite exposure on the antioxidant enzymes and glutathione system in the liver of bighead carp, *Aristichthys nobilis*. **Fish & shellfish immunology**, v. 76, p. 126-132, 2018.

LOPES, Laudicéia G. et al. Estrogênios em águas naturais e tratadas da região de Jaboticabal-São Paulo. **Química Nova**, v. 1, n. 2, p. 639-643, 2010.

LORENZON, C. S.; GATTI JÚNIOR, P.; NUNES, F. R.; SCHOLTEN, C.; HONDA, S. N.; AMARAL, L. A. Perfil microbiológico de peixes e água de cultivo em pesque-pagues situados na região nordeste do Estado de São Paulo. **Arquivo do Instituto Biológico**, v. 77, n. 4, p. 617-624, 2010.

MANDAL, S. C.; HASAN, M.; RAHMAN, M. S.; MANIK, M. H.; MAHMUD, Z. H.; ISLAM, M. S. Coliform bacteria in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* of shrimp-Gher, pond and fish market. **World Journal of Fish and Marine Science**, v. 1, n. 3, p. 160-166, 2009.

MELO, R. M.; RIBEIRO, Y. M.; LUZ, R. K.; BAZZOLI, N.; RIZZO, E. Influence of low temperature on structure and dynamics of spermatogenesis during culture of *Oreochromis niloticus*. **Animal Reproduction Science**, v. 172, p. 148-156, 2016.

MÖLLERKE, R. O.; WIEST, J. M.; CARVALHO, H. H. Colimetrias como indicadores de qualidade de pescado artesanal do Lago Guaíba, em Porto Alegre, RS. **Higiene e Alimentos**, v. 16, n. 99, p. 102-106, 2002.

NAZIR, R.; KHAN, M.; MASAB, M.; REHMAN, H. U.; RAUF, N. U.; SHAHAB, S.; AMEER, N.; SAJED, M.; ULLAH, M.; RAFEEQ, M.; SHAHEEN, Z. Accumulation of heavy metals (Ni, Cu, Cd, Cr, Pb, Zn, Fe) in the soil, water and plants and analysis of physico-chemical parameters of soil and water collected from Tanda Dam Kohat. **Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 7, n. 3, p. 89-97, 2015.

OLIVEIRA, B. S. S.; CUNHA, A. C. Correlation between water quality and precipitation variability in the Southern State of Amapá. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 2, p. 261-275, 2014.

ORTIZ, L. L.; RANGEL, G. F.; FERNANDEZ, L. I. H.; PEÑA, M. G. Metahemoglobinemia en un lactante por consumo de agua con alto contenido de nitratos en Camaguey. **Revista Cubana de Higiene y Epidemiología**, v. 53, n. 3, 2016.

PADUA, H. B. Dureza total das águas na Aquicultura. **Piscicultura Fb**, 1994 – 2016. Disponível em: <<http://www.pisciculturafb.com.br/artigos11.htm>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

PINHEIRO, C. A. M.; PINHEIRO, R. S.; SANTOS, W. H. L.; SOUZA SERRA, I. M. R.; PULFORD, E.; POLIDORO, B. A.; et al. Understanding the relationships between water quality recreational fishing practices, and human health in phoenix, arizona. **Journal of Environmental Management**, v. 199, p. 242-250, 2017.

SANDRE, L. C. G.; TAKAHASHI, L. S.; FIORELLI, J.; SAITA, M. V.; GIMBO, R. Y.; RIGOBELLO, E. C. Influência dos fatores climáticos na qualidade de água em pesque-pagues. **Veterinária e Zootecnia**, v. 16, n. 3, p. 509-518, 2009.

SANTOS, D. M. S. Qualidade da água e incidência de fungos em peixes oriundos de pisciculturas do município de São Luís – Maranhão. **Pesquisa em Foco**, v. 20, n. 1, p. 53 – 69, 2015.

SILVA, I. M.; TAUKE-TORNISIELO, S. M.; SANTOS, A. A. O.; MALAGUTTI, E. N. Avaliação da qualidade da água dos pesque-pague localizados na bacia do rio Corumbataí, SP (Brasil). **Holos Environment**, v. 12, n. 2, p. 179-189, 2012.

SOUZA, A. C.; DOS REIS, T. D. F.; DE SÁ, O. R. Comparação entre o índice de qualidade da água (IQA) com o protocolo de avaliação rápida de habitats no córrego liso, município de São Sebastião do Paraíso, Minas Gerais. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 10, n. 2, p. 392-409, 2014.

TOLEDO, J. J.; DÍAZ CASTRO, J. G. Parâmetros físico-químicos da água em viveiros da estação de piscicultura de Alta Floresta, Mato Grosso. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 1, n. 3, p. 1-9, 2001.

TUCKER, C.S, HARGREAVES, J.A. **Environmental Best Management Practices for Aquaculture**. *Wiley-Blackwell*, Ames: Iowa, 2008.

WARD, M. H.; HEINEMAN, E. F.; MARKIN, R. S.; WEISENBURGER, D. D. Adenocarcinoma of the stomach and esophagus and drinking water and dietary sources of nitrate and nitrite. **International Journal of Occupational and Environmental Health**, v. 14, n. 3, p. 193-197, 2008.

WETZEL, R. G. **Limnology: lake and river ecosystems**. Gulf professional publishing. 3^a ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2001.

YAVUZCAN YILDIZ, H.; ROBAINA, L.; PIRHONEN, J.; MENTE, E.; DOMÍNGUEZ, D.; PARISI, G. FISH Welfare in Aquaponic Systems: Its Relation to Water Quality with an Emphasis on Feed and Faeces-A Review. **Water**, v. 9, n. 1, p. 13, 2017.

SANEAMENTO BÁSICO NO ACRE: CONTRIBUIÇÕES E INDUÇÕES DA LEI Nº 11.445/2007

Clautevir Costa Lima¹, José Genivaldo do Vale Moreira² e Jorcely Gonçalves Barroso²

1. Instituto Federal do Acre, *Campus Tarauacá*, Tarauacá, Acre, Brasil;

2. Universidade Federal do Acre, *Campus Floresta*, Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil.

RESUMO

O saneamento básico representa o principal parâmetro para a promoção da saúde pública, para a conservação dos recursos naturais e para a proteção do meio ambiente. Objetiva-se demonstrar até que ponto a Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) induziu os municípios acrianos a melhorarem seus indicadores de saneamento básico (água e esgoto) e a elaborarem os seus Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSBs). A metodologia utilizada consistiu do levantamento bibliográfico dos índices de atendimento de água (distribuição e perdas), em 2019, e esgoto (coleta e tratamento), em 2010, dos 22 municípios do Acre. Os dados sobre abastecimento de água são oriundos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e os dados sobre esgotamento sanitário são provenientes do Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os resultados indicam que os municípios do Acre apresentam uma boa cobertura de água potável e um *déficit* no serviço de rede de esgoto, quando comparado com as médias nacional e regional. Nesse sentido, o Acre possui municípios que já alcançaram a universalização do serviço urbano de água potável e somente a capital Rio Branco com serviço adequado de esgoto, sendo que a maioria dos municípios possui Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), o que pode ser considerado um desdobramento da lei federal. **Palavras-chave:** Saneamento básico, Água e Esgoto.

ABSTRACT

Basic sanitation represents the main parameter for the promotion of public health, for the conservation of natural resources and for the protection of the environment. The objective is to demonstrate the extent to which the National Basic Sanitation Policy (Law nº 11.445/2007) induced the acrian municipalities to improve their basic sanitation indicators (water and sewage) and to elaborate their Municipal Basic Sanitation Plans (PMSBs). The methodology used consisted of a bibliographic survey of the water (distribution and loss) service indices in 2019 and sewage (collection and treatment) in 2010 in the 22 municipalities of Acre. Data on water supply come from the National Sanitation Information System (SNIS) and data on sanitary sewage come from the Census of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). The results indicate that the municipalities of Acre have a good coverage of drinking

water and a deficit in the sewage network service, when compared to the national and regional averages. In this sense, Acre has municipalities that have already reached the universalization of the urban drinking water service and only the capital Rio Branco with adequate sewage service, and most municipalities have a Municipal Basic Sanitation Plan (PMSB), which can be considered an offshoot of federal law.

Keywords: Sanitation, Water and Sewer.

1. INTRODUÇÃO

O saneamento básico é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais relacionados ao abastecimento de água potável, ao esgotamento sanitário, à limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e a drenagem e manejo das águas pluviais, com vistas à universalização desses serviços (BRASIL 2007; BRASIL, 2020).

Dessa forma, os serviços de saneamento básico se caracterizam como condição *sine qua non* para a garantia da promoção da saúde, do bem-estar e da qualidade de vida da população (OLIVEIRA; MORAES, 2017; BANDINI; FOLGAÇA, 2017). Nesse sentido, o abastecimento de água potável se configura num fator preponderante, uma vez que a disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas constitui-se em um parâmetro de prevenção de doenças, que podem ser acarretadas pela quantidade insuficiente ou pela qualidade imprópria para consumo humano (MAROTTI; SANTIAGO; PUGLIESI, 2017; NICÁCIO; JUNIOR, 2019).

Segundo Fonseca e Vasconcelos (2011), diarreias, febres entéricas, Hepatite A, Dengue, Febre Amarela, Leishmanioses, Filariose linfática, Malária, Doença de Chagas, Esquistossomose, Leptospirose, Doenças dos olhos, Tracoma, Conjuntivites, Doenças da pele, Micoses superficiais, Helmintíases e Teníases são tidas como doenças infectoparasitárias. Somam-se a estas, as parasitoses intestinais, que compõem o conjunto de doenças de importância epidemiológica que estão relacionadas ao saneamento (TEIXEIRA et al., 2020). Nesse sentido, Silva et al. (2021) argumentam que a falta de saneamento básico é um fator de disseminação da COVID-19. De acordo com o Instituto Trata Brasil (2018) a amebíase e a leptospirose são as principais doenças relacionadas à falta de saneamento na Amazônia.

A implementação dos serviços de saneamento básico tende a se concentrar em áreas com alta densidade demográfica e com maior renda *per capita* (VENSON; RODRIGUES; CAMARA, 2015; SCHWEMLEIN; CRONK; BARTRAM, 2016). Segundo a Agência Senado (2019), a região brasileira que mais trata esgoto é a Sudeste (78,54%) e a região Norte é

que menos trata (10,24%). Não obstante, o estado do Acre possui 47,27% de abastecimento de água e apresenta apenas 3,34% de domicílios com esgotamento sanitário, sendo um dos estados da Região Norte com os menores percentuais quanto a efetivação dos serviços de saneamento básico (LANDAU; MOURA, 2016).

Uma forma de atrair recursos financeiros para a área de saneamento básico nos municípios seria através da elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) (BRASIL, 2007; BRASIL, 2020), cuja imposição aos estados, ao Distrito Federal e aos municípios enseja o cumprimento de metas de curto, médio e longo prazos, ou seja, para 2018, 2023 e 2033, respectivamente (BRASIL, 2019). De acordo com o Programa Cidades Saneadas do Ministério Público do estado do Acre (MPAC), 68% dos municípios acrianos já possuem PMSB (OLIVEIRA et al., 2021). Plano este que deve prevê, dentre outras metas, a universalização dos serviços de saneamento básico e a comunicação com o plano de resíduos sólidos (BRASIL, 2020).

A universalização dos serviços de saneamento básico no Brasil é o principal dentre os objetivos da Política Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2020). Depois vem a implementação de um planejamento municipal (LISBOA et al., 2013). Dessa forma, Lisboa et al. (2013) destacam a falta de profissionais qualificados em órgãos-chaves das Prefeituras, a falta de visão de futuro da grande maioria dos gestores municipais Brasil a fora, além da falta de recursos financeiros para implantação e manutenção da infraestrutura necessária à prestação desses serviços. Todavia, o governo federal, por meio da Lei nº 14.206/2020, obriga os municípios a se enquadrarem à Política Nacional de Saneamento (BRASIL, 2019; BRASIL, 2020), inclusive com estabelecimento de data limite para que não sofram punição pecuniária (LISBOA et al., 2013; SANTOS et al., 2015).

Além das dimensões econômico-financeiras, sociais, institucionais e políticas (SOUSA; SOUSA; ALVARES, 2015), o contexto espacial relacionado ao contexto histórico é importante dentro de uma visão que contemple a leitura a partir da geografia econômica alternativa e da teoria crítica do espaço (COSTA; KRAUS; OLIVEIRA, 2018). De acordo com Moraes (2009) a dimensão regional também deve ser considerada, haja visto que o espaço territorial do município pode não ser suficiente para dar respostas a problemas que perpassam uma escala regional.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. SANEAMENTO BÁSICO

As políticas públicas de saneamento básico surgiram no final da década de 60, com a criação da Política Nacional de Saneamento (PNS) e do Conselho Nacional de Saneamento (CNS) instituídos pela Lei nº 5.318/1967 (BRASIL, 1967). Até 2003 o saneamento básico incluía os serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário e, somente após 2013, passou a incluir também o manejo de resíduos sólidos e das águas pluviais, passando a ser denominado como saneamento ambiental (DAL MASO, 2012). Atualmente, o saneamento básico é composto pelos serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, que devem ser realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente (CUNHA, 2011; DANTAS, 2012; VENSON; RODRIGUES; CAMARA, 2015; SOUSA; SOUSA; ALVARES, 2015; BRASIL, 2007; BRASIL, 2020).

Ainda em 1997 algumas importantes instituições ou organizações brasileiras, a maioria com abrangência nacional, formaram a Frente Nacional pelo Saneamento Básico (FNSB) e ajudaram a pensar a política nacional de saneamento básico nos moldes atuais, quais sejam: Associação Nacional dos Serviços Municipais (ASSEMAE), Federação Nacional dos Urbanitários (FNU), Fórum Nacional da Reforma Urbana (FNUR) e Instituto de Defesa do Consumidor (IDEC) (DAL MASO, 2012). A Lei nº 14.026/2020, que trata da Política Nacional de Saneamento Básico, se configura como o atual marco regulatório do setor de saneamento básico no Brasil (LEONETTI; PRADO; OLIVEIRA, 2011; BRASIL, 2007; BRASIL, 2020).

A oferta dos serviços de saneamento básico, conforme preceitua a Lei nº 14.026/2020, deveria atingir a universalização (SAIANI; GALVÃO, 2011; BRASIL, 2020). Não obstante, há um histórico de desigualdade no acesso aos serviços de saneamento básico, sobretudo, nas regiões periféricas e mais pobres, ou seja, nos municípios com populações de baixa renda (DE MENDONÇA et al., 2003; SAIANI, 2006; SAIANI; GALVÃO, 2011; LEONETTI; PRADO; OLIVEIRA, 2011; VENSON; RODRIGUES; CAMARA, 2015; OLIVEIRA; MORAES, 2017) sendo que esse *déficit* se estende desde a década de 70 (SAIANI; TONETO JR, 2010), sobretudo no que tange ao acesso ao esgotamento sanitário – coleta e tratamento de esgoto (LEONETTI; PRADO; OLIVEIRA, 2011). O aumento da população dos grandes centros,

adicionado a concentrações cada vez maiores nas áreas urbanas, estimulou a necessidade de tecnologias otimizadas, com vista ao tratamento eficiente de grandes volumes de resíduos sólidos e líquidos (DANTAS, 2012).

Em 2010, 44% da população rural e 85% da população urbana do Brasil tinham acesso a saneamento básico. Apesar de mais de 32 milhões de brasileiros não possuírem acesso a saneamento básico naquele ano, faltaria atender pelo menos cerca de 15,5 milhões de brasileiros para atingir a meta da Organização das Nações Unidas (ONU) (HORA et al., 2015). O custo estimado para tal seria de aproximadamente 2,8 bilhões de dólares para atender a meta e 9,3 bilhões de dólares para cobrir toda a população carente deste serviço (HUTTON, 2012). O investimento no saneamento básico é de fundamental importância para a sociedade, uma vez que cada R\$1,00 (um real) investido em saneamento equivale a uma economia de, pelo menos, R\$4,00 (quatro reais) na área de saúde e saneamento (CNBB, 2015). Dessa forma, o investimento em saneamento básico representa uma boa estratégia de desenvolvimento em longo prazo do país (SCRIPTORE; TONETO JUNIOR, 2012). Um país que oferece saneamento básico em proporções adequadas pode ser considerado como desenvolvido (GARCIA; FERREIRA, 2017).

No Brasil, o Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, entre 2007 e 2010, alavancou a indústria do saneamento básico, notadamente, em relação a infraestrutura desse tipo de empreendimento. Foram destinados mais de R\$40 bilhões de reais para construção, ampliação e recuperação da infraestrutura de água, esgoto e resíduos sólidos (DAL MASO, 2012). Sendo que, esses recursos eram oriundos de fontes oficiais de empréstimos do Fundo de Garantia de Tempo de Serviço (FGTS), gerido pela Caixa Econômica Federal (CEF), do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT), gerido pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), e do Orçamento Geral da União (OGU), popularmente conhecidos como investimentos a fundo perdido (DAL MASO, 2012).

2.2. POLÍTICA NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO

A Lei nº 11.445/2007, regulamentada pelo Decreto nº 7.217/2010, estabelecia as diretrizes gerais nacionais para o saneamento básico (BRASIL, 2007). Atualmente, a Lei nº 14.026/2020 representa o novo marco do saneamento básico no Brasil (BRASIL, 2020) (Quadro 1).

Quadro 1. Principais mudanças da nova lei do saneamento básico no Brasil.

| Novo Marco Legal Do Saneamento Básico Lei nº 14.026/2020 |
|---|
| Atualiza o marco legal do saneamento básico no Brasil (Lei nº 11.445/2007). |
| Altera a Lei nº 9.984/2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento. |
| Altera a Lei nº 10.768/2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos. |
| Altera a Lei nº 11.107/2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal. |
| Altera a Lei nº 11.445/2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País. |
| Altera a Lei nº 12.305/2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. |
| Altera a Lei nº 13.089/2015 (Estatuto da MetrÓpole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões. |
| Altera a Lei nº 13.529/2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. |

Fonte: BRASIL (2020).

A base da política de saneamento básico no Brasil abrange quatro diretrizes: i) abastecimento de água; ii) esgotamento sanitário; iii) drenagem pluvial; e iv) limpeza pública e manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2020). Estas diretrizes representam requisitos mínimos a serem contemplados dentro da política e, conseqüentemente, dentro do plano municipal de saneamento básico (BRASIL, 2007). Nesse sentido, a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) tem papel relevante na execução da política nacional de saneamento básico (DAL MASO, 2012).

A figura 1, a seguir, apresenta a cronologia da legislação pertinente à temática do saneamento no Brasil até a Lei nº 14.026/2020 (novo marco do Saneamento Básico no Brasil), com ênfase para a Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007).



Figura 1. Linha do tempo do saneamento básico no Brasil, com destaque para a Lei nº 11.445/2007.

2.2.1. Interface com a Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Saneamento Básico – PNSB (Lei nº 11.445/2007) e a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei nº 12.305/2010) são “irmãs siamesas” e geraram, cada uma, “filhos igualmente siameses”, haja visto que o Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB e o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS devem estar integrados (BRASIL, 2010; FUNASA, 2012; MAROTTI; SANTIAGO; PUGLIESI, 2017; BRASIL, 2020; grifo nosso). De sorte que, estes instrumentos podem e devem compartilhar conteúdos comuns ou mesmo formarem um único documento (BRASIL, 2007; BRASIL, 2010; FUNASA, 2012; MAROTTI; SANTIAGO; PUGLIESI, 2017; BRASIL, 2019; BRASIL, 2020). De modo que, o PMSB pode conter o conteúdo mínimo do PMGIRS (BRASIL, 2010; CNM, 2014), sendo que, o primeiro se configura num aprofundamento do segundo (MAROTTI; SANTIAGO; PUGLIESI, 2017).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, em seu Art. 10, incumbe aos municípios a gestão integrada dos resíduos sólidos gerados em seus respectivos territórios. Dessa forma, a referida Lei traz a obrigatoriedade de que os municípios elaborem e implementem o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS. Além disso, apresenta um conjunto de soluções que incluem a logística reversa e a compostagem

e prioriza as seguintes ações, nesta ordem: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final dos rejeitos (BRASIL, 2010; NASCIMENTO et al., 2015).

Dantas (2012) defende o trabalho de educação ambiental voltado para a sensibilização das pessoas em relação aos efeitos da falta de saneamento para o meio ambiente e para a saúde pública. NASCIMENTO et al. (2015) destacam a participação dos catadores e da população para a efetiva implementação da política nacional de resíduos sólidos, notadamente, em relação à geração e manejo dos resíduos sólidos urbanos (RSU).

2.3. PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO

O Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) já estava previsto na Lei nº 11.445/2007, bem como no Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), e permanece previsto na Lei nº 14.026/2020, que trata da Política Nacional de Saneamento Básico e na Lei nº 12.305/2010, que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos (MAROTTI; SANTIAGO; PUGLIESI, 2017). A Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007), enfatiza o planejamento, a regulação, a fiscalização e o controle social como aspectos primordiais para a prestação dos serviços de saneamento básico e preconiza a universalização, a integralização e a equidade como princípios fundamentais da política nacional com vistas a ser adotada pela local (BRASIL, 2007).

Com o advento da Lei nº 11.445/2007, os municípios brasileiros passaram a ter a obrigação de elaborar seus planos municipais de saneamento básico (PMSB) (BRASIL, 2007; LISBOA; HELLER; SILVEIRA, 2013; VENSON; RODRIGUES; CAMARA, 2015; MAROTTI; SANTIAGO; PUGLIESI, 2017), haja visto que a União condiciona a destinação de recursos financeiros e investimentos referentes ao setor de saneamento básico ao fato de o município ter o PMSB (GALVÃO JÚNIOR; SOBRINHO; SILVA, 2012; BRASIL, 2019; BRASIL, 2020), bem como condiciona a prestação dos serviços, que precisam ser regulados e submetidos ao controle social (BRASIL, 2019). Nesse sentido, Teixeira et al. (2021) defendem que o plano municipal de saneamento básico deve retratar a realidade de cada município.

Para Lisboa, Heller e Silveira (2013), os principais obstáculos para a elaboração do plano municipal de saneamento básico pelos municípios de pequeno porte são a falta de recursos financeiros e de quadro técnico qualificado já que, segundo Turolla (2002), a indústria de saneamento se caracteriza por demandar “custos fixos elevados em capital

altamente específico”, ou seja, requer investimentos econômicos vultuosos na casa do milhão ou bilhão para municípios de pequeno e médio portes e na casa do bilhão ou mais no caso de municípios de grande porte ou regiões metropolitanas (grifo nosso). Segundo Tomazini et al. (2016) a infraestrutura de saneamento básico demanda custos de implantação e gastos futuros.

O quadro 2 apresenta a cronologia das publicações dos decretos e das datas, várias vezes postergadas, para elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) pelos municípios brasileiros (CNM, 2014; BRASIL, 2020; grifo nosso).

Quadro 2. Datas previstas para elaboração do PMSB pelos municípios brasileiros.

| Instrumento Legal | Prazo Limite / Data Prorrogada |
|--------------------------|---------------------------------------|
| Decreto nº 7.217/2010 | 31 de dezembro de 2014 |
| Decreto nº 8.211/2014 | 31 de dezembro de 2015 |
| Decreto nº 8.629/2015 | 31 de dezembro de 2017 |
| Decreto nº 9.254/2017 | 31 de dezembro de 2019 |
| Decreto nº 10.203/2020 | 31 de dezembro de 2022 |

Fonte: (CNM, 2014; BRASIL, 2020).

A seguir, apresentamos informações sobre os indicadores de abastecimento de água (distribuição e perdas), para o ano de 2019, e de esgotamento sanitário (coleta e tratamento), no ano de 2010, referentes aos municípios do Acre (Tabela 1).

Tabela 1. Indicadores dos serviços de abastecimento de água (distribuição e perdas), em 2019, e de esgotamento sanitário (coleta e tratamento), em 2013, dos municípios do Acre

| Município | Abastecimento de Água | | Esgotamento Sanitário | |
|------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------|
| | Distribuição (%) | Perdas Na Distribuição (%) | Coleta | Tratamento |
| Acrelândia | 34,5 | 72,4 | 10,9 | * |
| Assis Brasil | 69,6 | 49 | 23,1 | * |
| Brasiléia | 62,7 | 68,9 | 28,4 | * |
| Bujari | 47,4 | 48 | 18,9 | * |
| Capixaba | 35,9 | 58,4 | 33,2 | * |
| Cruzeiro do Sul | 52 | 69,9 | 12,7 | * |

| | | | | |
|-------------------------|------|------|------|------|
| Epitaciolândia | 63,5 | 70,1 | 21,4 | * |
| Feijó | 19,5 | 66,9 | 9,3 | * |
| Jordão | 42,2 | 53,8 | 4,3 | * |
| Mâncio Lima | 63,7 | 40,4 | 8 | * |
| Manoel Urbano | 72,4 | 53,5 | 12,8 | * |
| Marechal Thaumaturgo | 34,5 | 62,2 | 7,4 | * |
| Plácido de Castro | 27 | 41,1 | 14,3 | * |
| Porto Acre | 44 | 43,5 | 11,5 | * |
| Porto Walter | 21,2 | 58,3 | 0,4 | * |
| Rio Branco (Capital) | 37,8 | 60,5 | 56,7 | 36,5 |
| Rodrigues Alves | 54,3 | 57,7 | 8,1 | * |
| Santa Rosa do Purus | 31,2 | 52,5 | 2,5 | * |
| Senador Guiomard | 53 | 52,7 | 22,4 | * |
| Sena Madureira | 29,4 | 81,3 | 12,5 | * |
| Tarauacá | 34,4 | 47,3 | 9,3 | * |
| Xapuri | 35,3 | 57,5 | 27,7 | * |
| ACRE | 52,8 | 60,7 | 16,2 | * |

* Os municípios não apresentaram informações sobre tratamento de esgoto junto ao Sistema de Informações sobre Saneamento Básico (SNIS) no ano de 2013. Fonte: (BRASIL, 2011; BRASIL, 2020).

2.4. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO SANEAMENTO BÁSICO

A abordagem espacial do saneamento é defendida por Fonseca (2008) como um argumento das pesquisas geográficas na área da saúde. Para tanto, deve-se estabelecer uma visão que seja capaz de contemplar a leitura da geografia econômica alternativa e da teoria crítica do espaço (COSTA; KRAUS; OLIVEIRA, 2018). Consoante à distribuição espacial, pressupõem-se a identificação de localidades espaciais atípicas, a descoberta de associação espacial e a sugestão de diferentes regimes espaciais (RODRIGUES; VENSON; CAMARA, 2018).

Para Venson, Rodrigues e Camara (2017) existe uma forte correlação entre a provisão de serviços de saneamento básico e a renda, ou seja, em regiões em desenvolvimento, à medida que a rendas das pessoas aumenta, maior é o acesso aos serviços de saneamento

básico, cuja carência importa na ocorrência e proliferação de vetores de doenças (CUNHA, 2011; LISBOA et al., 2013; HELLER; CASTRO, 2013; FOLLADOR et al., 2015; BANDINI; FOLGAÇA, 2017). Ao longo do tempo, muitos estudos consideraram a causa das doenças, tão somente, como um atributo do meio ambiente (FONSECA, 2008).

2.4.1. Relação entre a falta de saneamento básico e a ocorrência de doenças

Um estudo realizado por Pimentel et al. (2020), sobre doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI), identificou que, entre 2010 e 2016, a maioria das internações hospitalares no estado da Bahia tinha alguma relação com a ausência de saneamento básico nos municípios. Não obstante, o a Bahia lidera o ranking de segundo os autores, a Bahia possui a maior taxa de mortalidade do Nordeste (PIMENTEL et al., 2020).

Silva et al. (2020) observaram uma relação direta entre o número de casos de COVID-19 e o índice de tratamento de esgoto, bem como identificaram uma associação entre as taxas de incidência e mortalidade de COVID-19 e os índices de atendimento de água total. Dessa forma, os autores sugerem que o saneamento básico se configura em um novo indicador para a disseminação da COVID-19 (SILVA et al., 2021).

Estudos realizados em outros países, confirmam a relação entre a falta de saneamento básico e a ocorrência de doenças, como é caso das infecções por Helminto na Nigéria (entre 2005 e 2015) identificadas no estudo de Taiwo, Sam-Wobo e Taiwo (2016). Na África do Sul, em junho de 2006, houve um surto de diarreia microbiana em decorrência da má qualidade de água (BESSONG et al., 2009).

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2018), a ausência de saneamento básico, isto é, a falta de água potável e de esgoto tratado, potencializa a proliferação de doenças de veiculação hídrica (Tabela 4).

Tabela 4. Indicadores da relação entre a falta de saneamento básico e a ocorrência de doenças no Brasil, na Região Norte e no Estado do Acre em 2018.

| Localidade | Índice de esgoto tratado referido à água consumida (%) | Esgoto não tratado (mil m ³) | Nº de Internações totais por doenças de veiculação hídrica | Nº de óbitos por doenças de veiculação hídrica |
|------------|--|--|--|--|
| Brasil | 46,3% | 5.659.978,37 | 233.880 | 2.180 |
| Norte | 21,7% | 357.768,15 | 40.915 | 207 |
| Acre | 18,8% | 18.097,54 | 1.257 | 9 |

Fonte: Adaptado de Trata Brasil (2018).

2.4.2. Relação entre a falta de saneamento básico e a pobreza

Ainda segundo o Instituto Trata Brasil (2018), a renda das pessoas que não tem acesso ao saneamento básico é menor do que as que tem acesso a esses serviços básicos. A tabela 5 traz os índices de saneamento básico (água e esgoto) e os valores (R\$) do país, da região Norte e do estado do Acre no ano de 2018.

Tabela 5. Indicadores da relação entre a falta de saneamento básico e a pobreza no Brasil, na Região Norte e no Estado do Acre em 2018.

| Localidade | População sem acesso à água (%) | População sem coleta de esgoto (%) | Renda das pessoas com saneamento (R\$) | Renda das pessoas sem saneamento (R\$) |
|------------|---------------------------------|------------------------------------|--|--|
| BRASIL | 16,4% | 46,9% | 2.947,06 | 501,21 |
| NORTE | 43,0% | 89,5% | 2.951,41 | 593,45 |
| ACRE | 52,9% | 89,9% | 3.111,29 | 723,97 |

Fonte: Trata Brasil (2018).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Política Nacional de Saneamento Básico induziu os municípios brasileiros a alcançarem seus atuais patamares em relação ao serviço de abastecimento de água, em que alguns municípios já alcançaram a universalização do atendimento da população urbana com água. O Acre também segue a tendência da maioria dos municípios da Região Norte, pois a grande maioria dos municípios possui um *déficit* no serviço de esgotamento sanitário.

Dessa forma, depreende-se que a Política Nacional de Saneamento Básico (Lei nº 11.445/2007) impulsionou os municípios acrianos a atingirem os seus atuais patamares. Outrossim, a maioria dos municípios foi incentivada a elaborar o seu Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB. Ora, 68% dos municípios do Acre já dispõem de um planejamento local, relacionado à provisão dos serviços de saneamento básico.

5. REFERÊNCIAS

BANDINI, M.F.; FOLGAÇA, S.S. Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico: Legado aos municípios brasileiros. **Revista Internacional de Debates da Administração Pública**. Osasco, SP, v.2, n.1, p. 179-195, 2017.

BESSONG, P.O.; ODIYO, J.O.; MUSEKENE, J.N.; TESSEMA, A. Spatial Distribution of Diarrhoea and Microbial Quality of Domestic Water during an Outbreak of Diarrhoea in the Tshikuwi Community in Venda, South Africa. **J HEALTH POPUL NUTR**, v.27, n.5, p.652-659, 2009.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB): Documento em revisão submetido à apreciação dos Conselhos Nacionais de Saúde, Recursos Hídricos e Meio Ambiente**. Léo Heller (coord.). Brasília: MDR / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2019. 240p.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 3º Diagnóstico de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas – 2018**. Brasília: SNS/MDR, 2019.

BRASIL (2011). IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Censo Demográfico 2010: Características da população e dos domicílios** (Resultados do universo). Rio de Janeiro, 2011.

BRASIL. Lei nº 5.318, de 26 de Setembro de 1967. **Institui a Política Nacional de Saneamento e cria o Conselho Nacional de Saneamento**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/L5318.htm>. Acesso em: 20 jan. 2020.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de Agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 25 jan. 2020.

BRASIL. Lei nº 11.445 de 5 de Janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 17 jan. 2020.

COSTA, A.; KRAUS, L.; OLIVEIRA, F. Contexto espacial: uma alternativa para estudos sobre cidades. Geografia e Ordenamento do Território, Revista Eletrônica – GOT. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**. nº 13, 2018.

CUNHA, A.S. **Saneamento básico no Brasil: desenho institucional e desafios federativos**. Texto para Discussão 1565. Rio de Janeiro: IPEA, 2011.

CNBB. CONFERÊNCIA NACIONAL DOS BISPOS DO BRASIL: **Casa Comum, nossa responsabilidade**. Texto Base. Editora CNBB, 2015.

CNM. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS MUNICÍPIOS. **Planos Municipais de Saneamento Básico: Orientações para Elaboração**. – Brasília: CNM, 2014.

DAL MASO, R.A. **Saneamento básico no Brasil: a política nacional entre 1995 e 2007**. Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser (FEE), 2012.

DANTAS, F.A.; LEONETI, A.B.; OLIVEIRA, S.V.V.B.; OLIVEIRA, M.M.B. Uma Análise da Situação do Saneamento no Brasil. **FACEF Pesquisa: Desenvolvimento e Gestão**, v.15, n.3 - p.272-284, 2012.

DE MENDONÇA, M.J.C.; GUTIERREZ, M.B.S.; SACHSIDA, A.; LOUREIRO, P.R.A. Demanda por saneamento no Brasil: uma aplicação do modelo logit multinomial. In: **Anais do XXXI Encontro Nacional de Economia**. Porto Seguro: ANPEC, 2003.

FOLLADOR, K.; PRADO, G.P.P.; PASSOS, M.G.; NOTHAFT, S.C. Saneamento Básico: Meio Ambiente e Saúde. **UNINGÁ Review**, v.23, n.1, p.24-28, 2015.

FONSECA, A. R. **Tecnologia sociais e ecológicas aplicadas ao tratamento de esgotos no Brasil** / Alexandre Ribeiro Fonseca. – Rio de Janeiro: s.n., 2008.

FUNASA. **Termo de referência para elaboração de planos municipais de saneamento básico: procedimentos relativos ao convênio de cooperação técnica e financeira da Fundação Nacional de Saúde** / MS. Brasília – 2012.

GALVÃO JÚNIOR, A.C.; SOBRINHO, G.B.; SILVA, A.C. **Painel de Indicadores para Planos de Saneamento Básico**. In: PHILIPPI JÚNIOR, A.; GALVÃO JÚNIOR, A.C. (Ed.). *Gestão do Saneamento Básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário*. Barueri: Manole. p. 1040-1068, 2012.

GARCIA, M.S.D.; FERREIRA, M.P. Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana. **Dignidade Revista**, v.2, n.3, p.12, 2017.

HELLER, L.; CASTRO, J.E. Política pública de saneamento: apontamentos teórico-conceituais. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.12, n.3, p.284-295, 2007.

HORA, A.L.B, DA; SHIMODA, E.; HORA, H.R.M. DA; COSTA, H.G.C. Análise da eficiência dos serviços de saneamento básico nos municípios do estado do Rio de Janeiro. **Revista Eletrônica Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, v.7, n.1, p. 55-81, 2015.

HUTTON, G. (2012). **Global costs and benefits of drinking-water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage**. Switzerland: World Health Organization. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2012/global_costs/en> Acesso em: 28 mar. 2020.

LANDAU, E.C.; MOURA, L. **Variação geográfica do saneamento básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais** / Elena Charlotte Landau, Larissa Moura, editoras técnicas. – Brasília, DF: Embrapa, 2016. 975p.

LEONETTI, A.B.; PRADO, E.L. DO; OLIVEIRA, S.V.W.B.DE. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. RAP: **Revista de Administração Pública**, 2011.

LISBOA, S.S.; HELLER, L.; SILVEIRA, R.B. Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores. **Eng Sanit Ambient**. v.18 n.4, p.341-348, 2013.

MAROTTI, A.C.B.; SANTIAGO, C.D.; PUGLIESI, E. Aplicação de instrumento para avaliação de planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos ante às políticas públicas: estudo de caso do município de Rio Claro (SP). **D&MA – Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v.41, 2017.

MORAES, L.R.S. **Política e Plano Municipal de Saneamento Básico: aportes conceituais e metodológicos**. Brasília: Editora. Coletânea, v.I, p. 33-53. 2009.

NASCIMENTO, V.F.; SOBRAL, A.C.; ANDRADE, P.R.DE; OMETTO, J.P.H.B. Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Rev. Ambient. Água**, v.10, n.4, 2015.

NICÁCIO, J.A.; JUNIOR, A. P. Saneamento básico, meio ambiente e a saúde pública em Açailândia - MA. **Revista Saúde e Meio Ambiente – RESMA**, v.8, n.1, p.123-136, 2019.

OLIVEIRA, O.C.; MORAES, S.C.DE. Desafios para a sustentabilidade na gestão dos serviços de abastecimento de água na Amazônia: aspectos socioambientais e econômicos do sistema de abastecimento de água na cidade de Macapá-AP. **Revista Espacios**, v.38, n.22, 2017.

OLIVEIRA, C.F.DE. A gestão dos serviços de saneamento básico no Brasil. Scripta Nova: **Revista electrónica de geografía y ciencias sociales**, v. 9. 2007.

OLIVEIRA, A.DE.S.; GERHARDT, J.; ARAÚJO, L.S.DE; RODRIGUES, T.O. **Relatório Oficinas Realizadas em Rio Branco - AC, Palmas -TO e São Luís – MA** / Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. – Brasília, DF: Ibict, 2021.

PIMENTEL, J.M.F.; PORTO, P.S.P.; FAISLON, I.C.; AVENA, K.DE.M. Internações hospitalares por doenças relacionadas ao saneamento básico inadequado na Bahia, de 2010 a 2016. **Braz J Hea Rev**, v.3, n.4, p.7945-7957, 2020.

RODRIGUES, K.C.T.T.; VENSON, A.H.; CAMARA, M.R.G. Distribuição espacial do acesso aos serviços de saneamento básico nas microrregiões brasileiras de 2006 a 2013. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**. 2018.

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. 2015. Disponível em: <[https:// goo.gl/p2Cmj3](https://goo.gl/p2Cmj3)>. Acesso em: 13 mai. 2020.

SAIANI, C.C.S. **Restrições à expansão dos investimentos em saneamento básico no Brasil: déficit de acesso e desempenho dos prestadores**. 2007. 315 f. Dissertação (mestrado em economia aplicada) — Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007.

SAIANI, C.C.S.; GALVÃO, G.C. Evolução das Desigualdades Regionais do Déficit de Acesso a Serviços de Saneamento Básico no Brasil: Evidências de um Incentivo Adverso dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. In: **Anais do XXXIX Encontro Nacional de Economia**: Foz do Iguaçu: ANPEC 2011.

SAIANI, C.C.S.; TONETO JR., R. Evolução do acesso a serviços de saneamento básico no Brasil (1970 a 2004). **Revista Economia e Sociedade, Campinas**, v.19, n.38, p.79-106, 2010.

SCHWEMLEIN, S.; CRONK, R.; BARTRAM, J. Indicators for Monitoring Water, Sanitation, and Hygiene: a systematic review of indicator selection methods. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 3, 333, 2016.

SCRIPTORE, J.S.; TONETO JÚNIOR, R. A estrutura de provisão dos serviços de saneamento básico no Brasil: uma análise comparativa do desempenho dos provedores públicos e privados. **Revista de Administração Pública**, v.46, n.6, p.14791504, 2012.

SILVA, R.M.A. **Saneamento Básico: marco regulatório, regulação setorial e oportunidades de negócio**. Lexlicitacao.com.br – Artigos. 2011.

SILVA, R.R.DA; SANTOS, M.B.DOS; TAVARES, D.DOS.S.; SANTOS, P.L.DOS. Coronavirus disease and basic sanitation: too early to be worried? **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.53, p.e20200345, 2020.

SILVA, R.R.DA.; SANTOS, M.B.DOS; TAVARES, D.DOS.S.; SANTOS, P.L.DOS. Basic sanitation: a new indicator for the spread of COVID-19? **Trans R Soc Trop Med Hyg**, p. *in press*, 2021.

SANTOS, R.F.DOS; IRAZUSTRA, S.P.; TEIXEIRA, E.P. DEGASPERI, F.T. Abordagem descentralizada para concepção de sistemas de tratamento de esgoto doméstico. RETC - **Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura**. Edição 16^a, abril de 2015.

SOUSA, C.D.S.S.; SOUSA, S.C.S.; ALVARES, A.M. Diretrizes normativas para o saneamento básico no Brasil. **Caderno de Geografia**, v.25, n.43, p.102-115, 2015.

SOARES, R.; SMIRDELE, J.J.; DIAS, S.A.B.; SOUZA, R.M.DE; ZIDDE, C. **Medindo o Saneamento: potencialidades e limitações dos bancos de dados brasileiros**. CERJ – Centro de Estudos em Regulação e Infraestrutura, FGV: 2018. 38p.

TAIWO; SAM-WOBO; TAIWO. Spatial distribution of helminth infections in Nigeria (2005-2015) and the need for attitudinal and behavioural changes in the water, sanitation and hygiene interventions. **Ife Journal of Science**, v,18, n.4, 2016.

TEIXEIRA, P.A.; FANTINATTI, M.; GONÇALVES, M.P.; SILVA, J.S.DA. Parasitoses intestinais e saneamento básico no Brasil: estudo de revisão integrativa. **Braz J of Develop**, v.6, n.5, p 22867-22890, 2020.

TRATA BRASIL. **Dados Regionais: principais dados do saneamento por estado (2018)**. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/dados-regionais>. Acesso em: 16 mar. 2020.

TOMAZINI, F.; SILVA, C.F.DA; LORETO, A.S.; CHARMELO, L.C.L. Comparação entre os custos calculados do plano municipal de saneamento básico do município de Galiléia, Minas Gerais e a estimativa de investimentos utilizando o índice multidimensional de saneamento básico. **II Seminário Científico da FACIG** – 17 e 18 de Novembro de 2016.

TUROLLA, F.DE.A. **Política de saneamento básico: avanços recentes e opções futuras de políticas públicas**. Brasília: Ipea, 2002 (Texto para Discussão, n. 922).

VALENTE, S.R.D.P. **Políticas públicas e a visão jurídico-institucional: o caso do saneamento básico no Brasil**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Paulo: Faculdade de Direito. São Paulo - SP, 2018.

VENSON, A.H.; RODRIGUES, K.C.T.T.; CAMARA, M.R.G. Acesso aos serviços de abastecimento de água, rede de esgoto e coleta de lixo nos municípios do Paraná: uma abordagem espacial para os anos de 2006 e 2013. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v.9, n.2, p.243-261, 2015.

VENSON, A.H.; RODRIGUES, K.C.T.T.; CAMARA, M.R.G. Evolução da distribuição espacial do acesso aos serviços de saneamento básico nos municípios do Estado da Bahia, nos anos de 2006 e 2012. **Ensaio FEE**, v.38, n.1, p.107-134, 2017.

DIREITO E DIRETRIZES DE ACESSO A ÁGUA: CONTEXTO GERAL E PANORAMA DE ACESSO À ÁGUA TRATADA NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO ACRE, BRASIL

Carolina de Lima Accorsi Montefusco¹, Daniela Silva Tamwing¹, Wilians Montefusco da Cruz², Osmar José Accorsi³, José Genivaldo do Vale Moreira¹ e Rodrigo Otávio Peréa Serrano¹

1. Universidade Federal do Acre (UFAC), Programa de pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia, Rio Branco, Acre, Brasil;
2. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre (IFAC), Rio Branco, Acre, Brasil;
3. Universidade Federal do Acre (UFAC), Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CCET), Rio Branco, Acre, Brasil.

RESUMO

A água é elemento essencial para a manutenção da vida e a universalização de sua oferta é um direito fundamental. O Brasil, apesar de ser o país com maior volume em água doce disponível, ainda possui distribuição desproporcional. No sentido de garantir o controle qualitativo e quantitativo da água, o Brasil instituiu a Lei n.º 9.433/1997, a fim de regulamentar a Política Nacional de Recursos Hídricos. O instrumento contempla, entre outros, elementos de outorga, vazões de referência e medidas de proteção dos corpos hídricos. Atualmente, no Acre, não há uma estimativa formal da vazão de referência utilizada, porém, evidências apontam para volumes cada vez menores no período árido que, juntamente com a captação sem um controle rígido, pode-se comprometer os mananciais. Verificou-se que em 2019, cerca de 458 mil pessoas no estado do Acre moravam em residências sem acesso à água tratada, ou seja, 56,8% da população acreana. O panorama atual da capital Rio Branco é de apenas 52,66% da população total do município sendo atendida com rede pública de abastecimento de água, ou seja, praticamente metade da população não tem acesso a esse bem fundamental. Outro fato que chamou a atenção, foi o Acre ser um dos estados com maior índice de perdas de água tratada no sistema de abastecimento, com cerca de 60%, o que poderia contribuir com volume de água a ser distribuída a população.

Palavras-chave: Abastecimento de água, Instrumentos de controle e Segurança hídrica.

ABSTRACT

Water is an essential element for the maintenance of life and the universalization of its supply is a fundamental right. Brazil, despite being the country with the largest volume of available fresh water, still has a disproportionate distribution. In order to guarantee the qualitative and quantitative control of water, Brazil instituted Law No. 9,433/1997, in order to regulate the

National Water Resources Policy. The instrument includes, among others, grant elements, reference flows and measures to protect water bodies. Currently, in Acre, there is no formal estimate of the reference flow used, however, evidence points to increasingly smaller volumes in the arid period that, together with abstraction without strict control, can compromise the water sources. In the capital, Rio Branco, it was found that, in 2019, around 458 thousand people lived in homes without access to treated water, that is, 56.8% of the population in Acre. The current panorama of the capital Rio Branco is only 52.66% of the total population of the municipality being served by the public water supply network, that is, practically half of the population does not have access to this fundamental good. Another fact that caught our attention was that Acre is one of the states with the highest rate of treated water losses in the supply system, with around 60%, which could contribute to the volume of water to be distributed to the population.

Keywords: Water supply, Water security and Control instruments.

1. INTRODUÇÃO

A água é, de modo praticamente axiomático, um recurso fundamental à vida humana, quer na dimensão biológica, quer na dimensão social. Utilizada em atividades diversas como agricultura, pecuária, indústria e serviços gerais, sua abundância ou escassez podem ser fatores determinantes dos hábitos de consumo de uma comunidade (DIAS, 2011). Ela pode ainda influenciar no modo de vida, ajudando a construir laços sociais nas comunidades e favorecer o desenvolvimento (SELBORNE, 2002).

A disponibilidade de água potável promove o desenvolvimento, é um indicador do progresso dos povos e se constitui em um direito humano fundamental, sendo, inclusive, elemento basal ao exercício de outros direitos (PNUD, 2006). Machado (2002) acentua que a existência do ser humano – por si só – já lhe garante o direito à água e ao ar. Tamanha é sua importância, que os países que sofrem com sistemas de saneamento precários, ou mesmo inexistentes, são aqueles que revelam altas taxas de mortalidade, associadas à deficiência na qualidade do serviço de água e esgotamento sanitário ofertado (CASTRO, 2013).

O provimento adequado de água, em quantidade e qualidade, é essencial para o desenvolvimento socioeconômico, com reflexos diretos sobre as condições de saúde e de bem-estar da população. Condições adequadas de abastecimento resultam em melhoria das condições de vida e em benefícios como controle e prevenção de doenças, prática de hábitos higiênicos, conforto e bem-estar, aumento da expectativa de vida e da produtividade econômica (RAZZOLINI; GÜNTHER, 2008).

O crescimento populacional desordenado tem colaborado de forma significativa para a escassez de água, e inviabilizado oferta justa desse recurso, sobretudo aos menos favorecidos (EICHENBERGER et al., 2020). Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), através do Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos (2019), mais de dois bilhões de pessoas vivenciam alto estresse hídrico, e cerca de 4 bilhões experimentam escassez severa de água durante pelo menos um mês do ano. Esses números tendem a crescer à medida que a demanda aumenta e a oferta de água tratada diminui.

O contexto presente potencializa a incorporação de instrumentos mais racionais ao processo de gestão dos recursos hídricos, que tem por objetivo alinhar as demandas econômicas, sociais e ambientais em níveis sustentáveis a fim de mediar os conflitos de usos atuais e assegurar a oferta futura da água (SILVA; MONTEIRO, 2004).

O acesso regular à água potável e segura, embora seja um direito humano básico, não tem sido estendido a toda a população, especialmente àquela encontrada em áreas não contempladas pelas políticas públicas de saneamento e saúde (RAZZOLINI; GÜNTHER, 2008).

Para Pontes e Schramm (2004), o problema do acesso à água deve ser visto como questão de saúde pública, podendo ser abordado sob a ótica da bioética de proteção, uma ética da responsabilidade social, em que o Estado deve se basear para assumir suas obrigações sanitárias para com as populações humanas (SCHRAMM; KOTTOW, 2001). Para esses autores, as medidas que legitimam o papel do Estado como protetor da saúde pública (no que se refere à água potável) devem ser aquelas que possibilitem a todo cidadão dispor de água em quantidade suficiente e qualidade adequada para atender às suas necessidades básicas. Cabe ao Estado identificar as situações em que há desigualdades de acesso e desenvolver políticas públicas para resolver esses problemas.

De fato, sem o acesso a uma quantidade mínima de água potável, os outros direitos a ela intrínsecos, tais como os direitos à vida e a um nível adequado para a saúde e bem-estar, tornam-se inatingíveis. Entretanto, a disponibilidade de água, atualmente, atravessa uma grande crise de escassez (MAIA, 2017). Segundo os estudos da World Health Organization e Unicef (2014), 769 milhões de indivíduos são afetados por escassez ou falta de acesso à água no globo.

Garantir água em quantidade e qualidade adequadas para todos os seres humanos e atividades econômicas em um mundo cada vez mais habitado, com tendência de acréscimo nos níveis de aridez, é um dos grandes desafios da humanidade no século 21. As crises

hídricas em diferentes regiões do planeta são uma boa amostra do que nos espera no futuro e reforçam urgência na construção de uma nova forma de viver e se relacionar com a água (MAIA, 2017).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ACESSO À ÁGUA: ABORDAGEM INTERNACIONAL

O acesso à água potável e ao saneamento básico é um direito humano essencial, fundamental e universal, indispensável à vida com dignidade e reconhecido pela Organização das Nações Unidas (ONU) como condição para o gozo pleno da vida e dos demais direitos humanos por meio da Resolução 64/A/RES/64/292, de 28.07.2010 (ONU, 2010). Sendo assim, o reconhecimento como direito fundamental veio de forma tardia, pois apenas no ano de 2010 foi que se mencionou expressamente em um texto internacional.

O estudo conduzido por Maia (2017) expõe que esse quadro normativo foi se aperfeiçoando, compreendendo-se a importância da água como garantia dos demais direitos humanos e sua relação com a dignidade humana. A propósito, no quadro 1 são apresentados os principais marcos internacionais acerca do direito humano à água e ao saneamento divulgado pela Organização das Nações Unidas, conforme apresentado por Montefusco et al. (2021).

Quadro 1. Principais marcos internacionais acerca do direito a água.

| DATA | INSTRUMENTO | DESCRIÇÃO |
|------------------|---|---|
| Março de 1977 | Plano de Ação da Conferência da ONU sobre a água, Mar da Prata | Primeira Conferência específica sobre a água. Reconhece, de forma inédita, o direito de todos os povos, quais forem o seu estágio de desenvolvimento e as suas condições sociais e econômicas, de acesso à água potável em quantidade e qualidade igual às suas necessidades básicas. |
| Dezembro de 1979 | Convenção sobre a Eliminação de Todas as Formas de Discriminação contra as Mulheres (Promulgada no Brasil pelo Decreto nº 4.377, de 13 de setembro de 2002) | Define, entre os direitos a serem assegurados às mulheres pelos Estados signatários, o acesso à água potável e ao saneamento. |
| Novembro de 1989 | Convenção sobre os Direitos da Criança (Promulgada no Brasil pelo Decreto nº 99.710, de 21 de novembro de 1990). | A água e o saneamento básico devem ser garantidos pelos Estados a todas as crianças, a fim de combater doenças, desnutrição e mortalidade infantil |

| | | |
|------------------|---|--|
| Janeiro de 1992 | Conferência de Dublin sobre a Água e o Desenvolvimento Sustentável. | O Quarto Princípio da Conferência reconhece a importância de garantir água e o saneamento básico a todos os seres humanos |
| Junho de 1992 | Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento. | A Agenda 21 da Conferência consolida o direito de todos os povos à água potável. |
| Setembro de 1994 | Programa de Ação da Conferência Internacional da ONU sobre População e Desenvolvimento. | Inclui no direito a um nível de vida adequado o acesso à água potável. |
| Dezembro de 1999 | Resolução da Assembleia Geral da ONU A/Res/54/175: "O Direito ao Desenvolvimento". | Resolve que a garantia à água limpa é fundamental para concretizar o direito ao desenvolvimento e um imperativo moral para os países a e comunidade internacional. |
| Setembro de 2002 | Declaração Política da Conferência Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável. | Compreende o acesso à água limpa como forma de garantir a dignidade da pessoa humana. |
| Novembro de 2002 | Comentário Geral nº15 sobre o Pacto Internacional de 1966 sobre os Direitos Econômicos, Sociais e Culturais (Incorporado ao Direito Brasileiro pelo Decreto nº 591, de 06 de julho de 1992). | O Comentário Geral interpreta os artigos 11 e 12 do Pacto Internacional para confirmar o direito à água. Além disso, explicita que a água é fundamental para a dignidade humana e realização dos outros direitos humanos. |
| 2003 | Comitê de Alto Nível sobre Programas | Criação da ONU Água - um mecanismo interagencial para coordenar as ações do Sistema das Nações Unidas para alcançar as metas relacionadas à água |
| Julho de 2005 | Projeto de Diretrizes para a Concretização do Direito a Água Potável e Saneamento do Conselho Econômico e Social da ONU.E/CN.4/Sub.2/2005/25 | As diretrizes orientam os países a implementarem o acesso à água e ao saneamento básico por toda população. |
| Novembro de 2006 | Decisão 2/104 do Conselho dos Direitos Humanos. | Buscou a relação, ao abrigo dos instrumentos internacionais, entre os direitos humanos e o acesso à água potável. |
| Dezembro de 2006 | Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência (Promulgada no Brasil pelo Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009). | O direito das pessoas com deficiência à vida adequada inclui o acesso à água limpa. |
| Agosto de 2007 | Relatório do Alto Comissário das Nações Unidas para os Direitos Humanos sobre a abrangência e o teor das obrigações relevantes em termos de direitos humanos relacionadas com o acesso equitável a água potável segura e saneamento, ao abrigo dos instrumentos internacionais de direitos humanos. | Na sequência da Decisão 2/104 do Conselho dos Direitos Humanos, o relatório do Alto Comissário para os Direitos Humanos refere que "É chegada a altura de considerar o acesso a água potável segura e ao saneamento como um direito humano, definido como o direito a acesso igual e não-discriminatório a uma quantidade suficiente de água potável por pessoa e para os usos domésticos... de forma a assegurar a vida e a saúde". |
| Março de 2008 | Resolução do Conselho dos Direitos Humanos A/HRC/RES/7/22. | Decide-se nomear relator especial para a questão dos direitos humanos relacionados à água. |
| Outubro de 2009 | Resolução do Conselho dos Direitos Humanos A/HRC/RES/12/8. | Insta os Estados a acabarem com as desigualdades no acesso à água e ao saneamento. |
| Julho de 2010 | Resolução da Assembleia Geral da ONU A/RES/64/292. | A Assembleia reconheceu formalmente o direito à água e ao saneamento como direitos humanos. Convidou todos os Estados a cooperarem para a garantia desses direitos a todos os povos. |

| | | |
|------------------|---|---|
| Setembro de 2010 | Resolução do Conselho dos Direitos Humanos A/HRC/RES/15/9. | O Conselho confirmou que o direito à água e ao saneamento é imperativo para os Estados. Pediu aos Estados que atuem para concretização de todos os direitos humanos. |
| Abril de 2011 | Resolução do Conselho dos Direitos Humanos A/HRC/RES/16/2. | O Conselho encorajou a concretização integral do direito humano à água e ao saneamento. |
| Outubro de 2011 | Resolução do Conselho dos Direitos Humanos A/HRC/RES/18/1. | O Conselho reafirmou a responsabilidade dos Estados de promoverem todos os direitos humanos por meio de planos e programas políticos, além de cooperação financeira e técnica. |
| Outubro de 2012 | Resolução do Conselho dos Direitos Humanos A/HRC/RES/21/2. | O Conselho expressou sua preocupação com o impacto negativo da discriminação e marginalização de certos grupos em seu acesso à água potável. Exortou os Estados a darem prioridade a esse direito e a assegurarem o desenvolvimento sustentável |
| Outubro de 2013 | Resolução do Conselho dos Direitos Humanos A/HRC/RES/24/18. | O Conselho incentivou a união dos Estados para alcançarem as Metas do Milênio em matéria de água e saneamento. Reafirmou a responsabilidade dos Estados de garantirem esses direitos e, para tanto, incentivou as políticas sustentáveis. |
| Outubro de 2014 | Resolução do Conselho dos Direitos Humanos A/HRC/RES/27/7. | O Conselho destacou a importância da cooperação internacional para garantia dos direitos à água e ao saneamento e dos recursos a serem utilizados em caso de violação a esses direitos. Os Estados devem promover a efetividade progressiva dos direitos à água potável e ao saneamento básico. |

Fonte: Montefusco et al. (2021).

Dessa forma, pode-se analisar que os documentos da ONU colocam como meta as condições igualitárias e não discriminatórias ao acesso à água; participação e inclusão das comunidades, povos e populações nos debates sobre os recursos, e a responsabilidade dos Estados, que deverão prover e garantir a disponibilidade, a qualidade, a acessibilidade física e econômica ao recurso. Os mesmos conceitos também compõem os direitos ao saneamento, incluindo a privacidade e a dignidade de acesso, agregados em resoluções posteriores.

O direito humano à água é uma questão complexa. Ao mesmo tempo em que os países concordam e reconhecem sua importância, muitos não possuem os meios tecnológicos e financeiros para garantir o acesso a demanda de sua população (MAZARO, 2021).

2.2. ACESSO À ÁGUA: ABORDAGEM NACIONAL

Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), divulgados em 2019, com referência à 2018, mais de 16% da população, ou quase 35 milhões

de pessoas, não tinha acesso à água tratada no Brasil. O relatório aponta ainda que o problema é mais crítico na Região Norte, onde 42,9% dos domicílios encontram-se nessa situação, seguida pelas Regiões Nordeste (25,8%), Centro-Oeste (11,0%), Sul (9,8%) e Sudeste (9,0%).

Mesmo em países com grande disponibilidade hídrica, como é o caso do Brasil, os problemas de escassez se fazem presentes, cujas origens passam por causas naturais, por excessiva demanda, além de desperdício (LUCENA et al., 2013). A preocupação com a degradação e a escassez dos recursos hídricos tem deixado de ser uma bandeira de luta apenas de ambientalistas, para assumir lugar de destaque na agenda de autoridades, comunidade científica e sociedade em geral (MORAES; JORDÃO, 2002; SELBORNE, 2002).

Reymão e Saber (2009) veem sérios problemas na gestão dos recursos hídricos no Brasil, pois além das elevadas taxas de desperdício, há carência de investimentos no meio rural e de planejamento, prevalecendo a falta de infraestrutura, o que restringe os direitos de acesso à água para grande parte da população. A fragmentação de políticas públicas e a carência de instrumentos de regulamentação e regulação também estão entre os fatores relacionados ao déficit dos serviços de água e esgoto no nosso país (NASCIMENTO; HELLER, 2005).

No que tange à disponibilidade de recursos hídricos, o Brasil ocupa posição de destaque, caracterizando-se como um país com abundância relativa desses recursos. Com cerca de 3% da população mundial, possui por volta de 12% da água potável superficial do planeta (Figura 1), distribuído de forma irregular, cuja vazão total de seus rios alcança 180 mil m³/s. A disponibilidade de água total bruta por brasileiro de aproximadamente 33.776 m³ de água/ano, que representa quase 20 vezes o limite considerado de estresse hídrico, que é de 1.700 m³/ano, segundo a ONU (CONTI; SCHROEDER, 2013).

O Brasil é o país que possui o maior volume de água doce disponível, porém o recurso está distribuído de maneira desigual pelo território. Há mais água na região Norte, com cerca de 68% dos recursos hídricos e no Centro-Oeste (16%) do país do que nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste, com proporções de 6%, 7% e 3%, respectivamente (SARRETA, 2013) (Figura 2). As regiões com mais água doce disponível possuem a menor demanda por água. Já nas regiões com as maiores necessidades de recursos hídricos, há pouca água para atender aos diferentes usos.

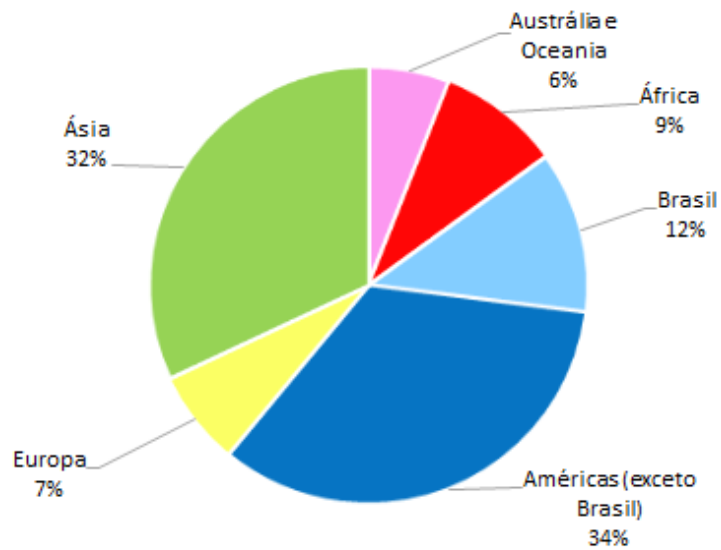


Figura 1. Distribuição de água doce superficial no mundo.
 Fonte: Agência Nacional de Águas, Geo Brasil (2007) – Adaptado pelos autores (2021).

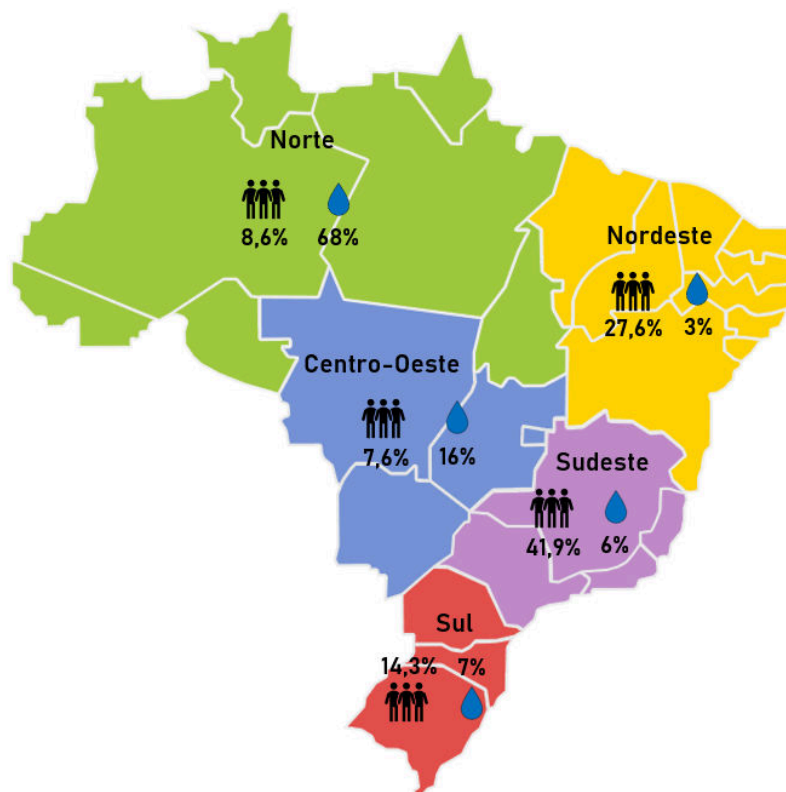


Figura 2. Distribuição de água no Brasil por regiões.
 Fonte: Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA) – Adaptado pelos autores (2021).

O direito humano à água, assim como o direito humano à alimentação adequada, se realiza de forma progressiva e contínua. Os países signatários dos pactos de direitos internacionais, como o Brasil, têm a obrigação de respeitar, proteger e cumprir a realização desse direito, criando todas as condições para a sua realização, por meio da ampliação dos recursos humanos e financeiros e da implementação de um conjunto de políticas públicas que assegurem sua efetivação crescente e contínua (CONTI; SCHROEDER, 2013).

A Constituição Federal não traz expressamente no rol dos seus direitos fundamentais o acesso à água potável como direito básico a vida humana, porém claramente afirma sobre a inviolabilidade do direito à vida (CF, artigo 5º, *caput*). Castro (2013) conclui que, por clara necessidade, verifica-se que o direito à vida só poderá ser exercido na sua plenitude se os indivíduos tiverem acesso à água de qualidade. Neste viés, é relevante o que conclui Machado (2002), ao alertar que negar água ao ser humano é negar-lhe o direito à vida. No quadro 2, apresenta-se um resumo das principais ações referentes ao estabelecimento do acesso a água no Brasil, conforme apresentado por Montefusco et al. (2021).

Quadro 2. Principais ações ao estabelecimento do acesso à água no Brasil.

| Data | Instrumento | Descrição |
|--------------|--|--|
| Década de 70 | PLANASA - Plano Nacional de Saneamento | Instituição do Plano de Metas e Bases para a ação do governo que definiu metas para o setor de saneamento. |
| 1995 | Lei 8.987 - Lei de Concessões e Permissão do Serviço Público | Marco para a prestação do serviço público, conforme previsão do artigo 175 da Constituição. |
| 1999 | 1ª Conferência Nacional de Saneamento | Apontou para a necessidade de universalização do acesso ao saneamento e a necessidade da qualidade no atendimento. |
| 2003 | Premissas da Política Nacional de Saneamento | Em torno de 3.457 cidades, por intermédio de seus representantes foram iniciados os primeiros debates acerca das premissas da Política Nacional de Saneamento. |
| 2005 | Conferência | Objetivou reforçar as estratégias do saneamento aliada ao desenvolvimento urbano. |
| 05 jan. 2007 | Lei 11.445 | Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e institui a Política Federal de Saneamento Básico. |
| 15 jul. 2020 | Lei 14.026 | Sanciona o Marco Legal do Saneamento. |

Fonte: Montefusco et al. (2021).

Em 15 de julho de 2020, foi sancionada pelo Governo Federal a lei nº 14.026 conhecida por novo marco legal do saneamento básico, se tornando o instrumento que visa assegurar maior garantia de implantação do serviço de saneamento básico no país. Seu objetivo é universalizar e qualificar a prestação de serviço nesse setor, através de ampliação

de investimentos privados nessa área. A meta é aumentar o índice de acesso ao saneamento básico no Brasil, aumentando a cobertura de fornecimento de água potável para quase toda a população (99%) e de 90% para coleta e tratamento de esgoto, em um horizonte de treze anos. Acredita-se que a nova lei contribuirá, adicionalmente, para a revitalização de bacias hidrográficas, a conservação do meio ambiente e a redução de perdas de água, além de proporcionar mais qualidade de vida e saúde à população.

2.3. DISPONIBILIDADE HÍDRICA E A OFERTA DE ÁGUA

A preocupação com o aumento da demanda e a carência de recursos hídricos, no contexto da sustentabilidade ambiental discutida na Eco-92, gerou a necessidade de definir critérios e parâmetros de avaliação da disponibilidade hídrica de uma região ou país, de forma a hierarquizar as demandas e disponibilidade regionais e subsidiar as políticas públicas de gestão dos recursos hídricos e de desenvolvimento social (BRANCO, 2006).

Segundo Ribeiro et al. (2005), o conhecimento da disponibilidade hídrica é parte fundamental dos estudos hidrológicos. Dessa forma, existem diversas ferramentas que facilitam e auxiliam seu gerenciamento, como as vazões de permanência Q_{90} , Q_{95} e a vazão ecológica $Q_{7,10}$, utilizadas para a avaliação do atendimento aos padrões ambientais do corpo receptor, para a alocação de cargas poluidoras e para a concessão de outorgas de captação e de lançamento (VON SPERLING, 2007).

Métodos estatísticos também são amplamente utilizados nesses estudos e, quando associados com análises de tendência, possibilitam a avaliação de longas séries de dados, sendo úteis para o acompanhamento e previsão da evolução de alguns fatores hidrológicos (TRINDADE et al., 2017). Portanto, a disponibilidade hídrica é, em grande parte, estabelecida a partir de registros do passado, observadas em estações de monitoramento.

A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997) institui que a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. No entanto, a distribuição não uniforme de água nas regiões hidrográficas brasileiras e a concentração da população em áreas urbanas geram demanda excessiva, que supera a disponibilidade. Essa necessidade acarreta problemas de escassez, tornando necessária a busca por mananciais superficiais, cada vez mais distantes, como também a exploração de mananciais subterrâneos, para suprir a demanda básica.

2.4. OUTORGA DE USO DA ÁGUA

Segundo a Constituição Federal de 1988, a água é um bem de domínio público, seja ele da União ou dos Estados. No Brasil, com a instituição da Lei nº 9.433 de 1997, conhecida como Lei das Águas, é estabelecida a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), que propõe instrumentos para a gestão e regulação dos recursos hídricos no país. Entre tais instrumentos se destaca a outorga do direito de uso da água, que tem como objetivo garantir o controle quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos, assim como o efetivo direito de acesso aos diferentes usuários deste recurso natural.

Por intermédio desse instrumento, é possível controlar os volumes captados, o período em que as captações ocorrem e qual a finalidade, contemplando os usos prioritários e as determinações dos planos de recursos hídricos e dos comitês de bacia hidrográfica (OLIVEIRA; FIOREZE, 2011).

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA), a outorga de direito de uso de recursos hídricos é o instrumento da Política de Recursos Hídricos que tem os objetivos de assegurar:

- o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água; e
- o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

A outorga é o ato administrativo mediante o qual o poder público outorgante (União, Estados ou Distrito Federal) faculta ao outorgado (requerente) o direito de uso de recursos hídricos, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato (ANA, 2011).

A concessão de direito ao uso dos recursos hídricos é um instrumento clássico de comando e controle, por meio do qual a administração autoriza uma pessoa física ou jurídica, pública ou privada, a usar água de um manancial para abastecimento humano ou animal ou para alguma atividade econômica (ANA, 2019).

Essa autorização do direito ao uso dos recursos hídricos deve ser solicitada por todos aqueles que usam, ou pretendem usar, os recursos hídricos, seja para captação de águas, superficiais ou subterrâneas, seja para lançamento de efluentes ou para qualquer ação que interfira no regime hídrico existente, além do uso de potenciais hidrelétricos. No caso das águas subterrâneas, a outorga deve ser emitida pelo poder público estadual ou do Distrito Federal (ANA, 2011).

Vale ressaltar que a ANA é a responsável por emitir outorgas para rios, reservatórios, lagos e lagoas sob o domínio da União, que são aqueles corpos de água que passam por dois ou mais estados ou, ainda, aqueles que passam pela fronteira entre o Brasil e outro país. Já as águas subterrâneas e os cursos de água que banham apenas um estado ou o Distrito Federal são outorgadas pelos poderes públicos estaduais ou distrital (ANA, 2011).

Para que a implantação do instrumento da outorga possa ser realizada de maneira mais efetiva, é necessário o conhecimento do comportamento hidrológico das bacias hidrográficas, especificamente na determinação das vazões de referência ao processo decisório (FIOREZE; OLIVEIRA, 2010).

O município de Rio Branco, no Estado do Acre, formalizou instrumento de outorga do direito de uso dos recursos hídricos somente em 2014, por meio da Resolução nº 84, de 27 de janeiro de 2014. A finalidade principal apresentada foi para o abastecimento público, por meio da captação nas estações 1 e 2 no Rio Acre. Os efeitos legais de tal instrumento têm validade até a data de 15 de maio de 2042.

2.5. PANORAMA DE ACESSO À ÁGUA TRATADA NOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DO ACRE

O Estado do Acre é formado por 22 municípios e reúne uma população de 882 mil habitantes. Está localizado na região Amazônica, fazendo parte da bacia hidrográfica com um dos maiores potenciais hídricos do planeta através do seu conjunto de rios.

No estado, a concessionária responsável pela gestão e gerenciamento do sistema de abastecimento de água em todos os municípios é uma autarquia, o Departamento Estadual de Água e Saneamento – DEPASA.

O Estado do Acre apresentou, em 2019, uma taxa de apenas 48% de sua população atendida com água tratada. Conforme pode ser observado na figura 3, em 15 anos, houve acréscimo de apenas 14,8% na população com acesso a água tratada, ao passo que nesse mesmo período, a população do estado cresceu 39,91%.

Por meio de um levantamento realizado no site do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento – SNIS, através do acesso as suas séries históricas, foi possível analisar a cobertura, em relação ao atendimento de água tratada nos municípios acreanos, no ano de 2019. Os resultados alcançados podem ser observados na figura 4.

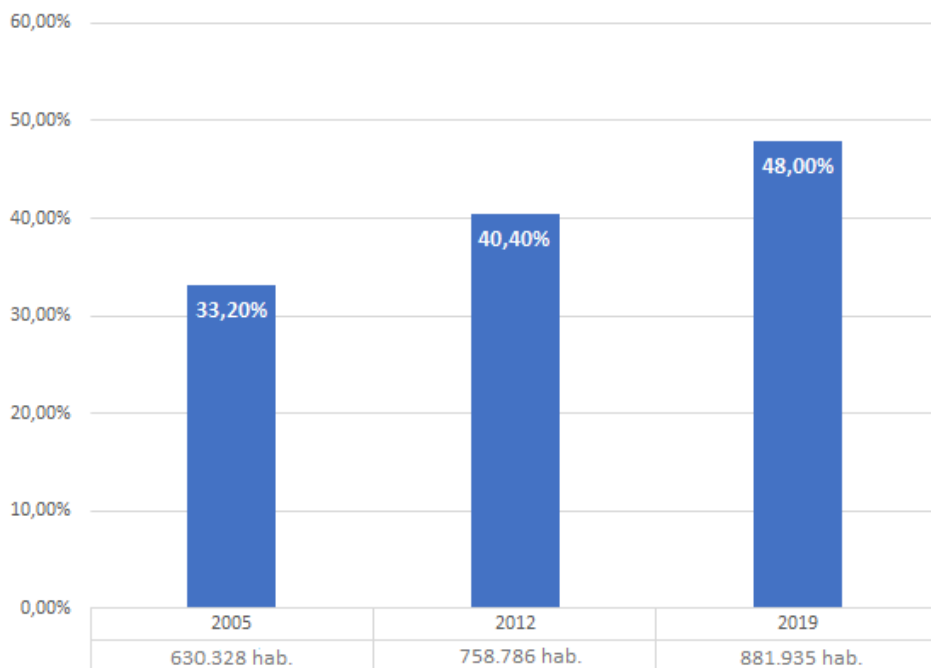


Figura 3. População atendida por água tratada no Estado do Acre, (%) da população total.

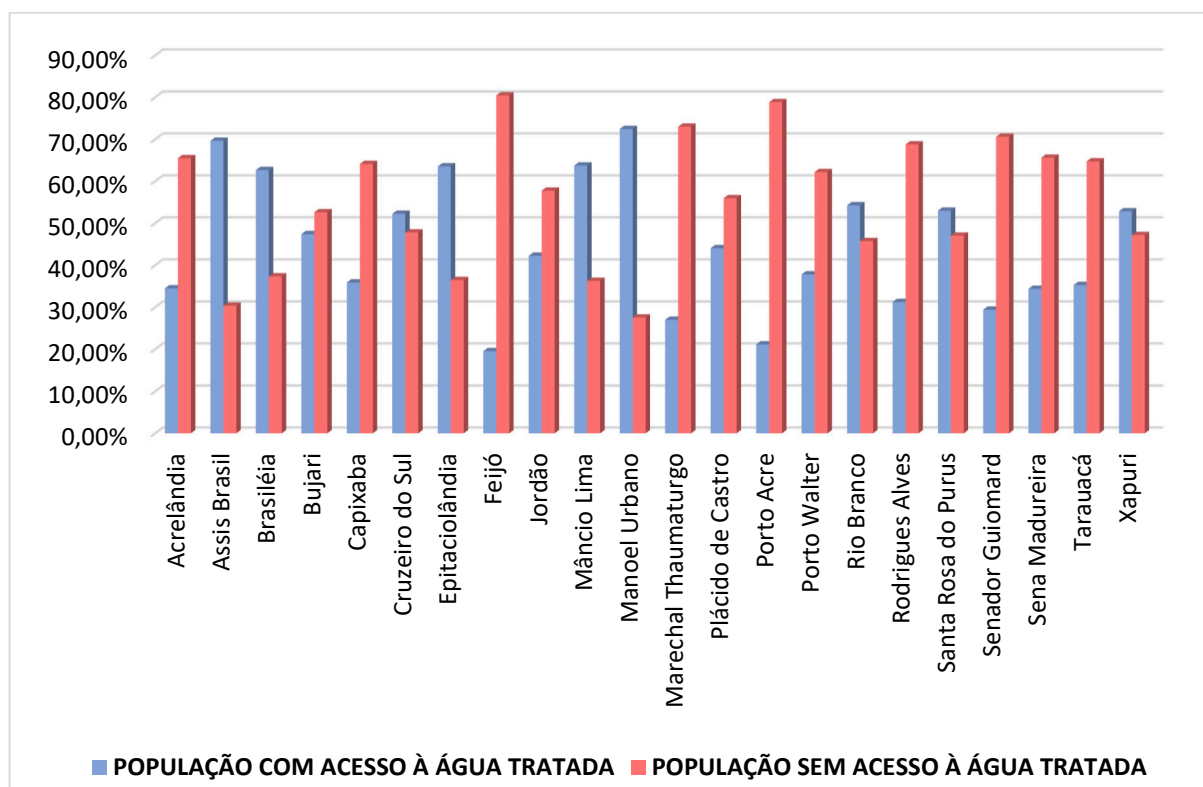


Figura 4. Atendimento ao serviço de água tratada nos municípios do Acre.

Os dados apresentados indicam uma situação extremamente preocupante na prestação desse serviço essencial à vida. Em 2019, cerca de 458 mil pessoas moravam em residências sem acesso à água tratada, ou seja, 56,8% da população acreana. Desse total, a maior parte residia em Rio Branco, capital do Estado e em Cruzeiro do Sul, ambos municípios com maior número de habitantes do estado.

Além do baixo acesso ao serviço de abastecimento de água tratada, outro fato que chamou a atenção foi o Acre ser um dos estados que mais perde água tratada nos sistemas de distribuição em virtude dos vazamentos, furtos e erros de leitura dos hidrômetros. Conforme aponta o Instituto TrataBrasil, no ano de 2019, o estado apresenta indicador de 60% de perdas, muito acima da média do Brasil, que é de 39%. Vale pontuar que o índice de perdas pode ser considerado como um acréscimo na demanda, uma vez que a água perdida passa pelo processo de captação e tratamento. Assim, o Acre possui um grande potencial de redução de perdas para melhor distribuição da água tratada produzida atendendo a uma população necessitada.

Convém salientar que a oferta satisfatória dos serviços de saneamento básico refletem na redução da mortalidade, sobretudo a infantil, melhoria na educação e qualidade de vida, na expansão do turismo, valorização imobiliária, na renda do trabalhador, na despoluição dos rios, preservação dos recursos hídricos e etc.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente estudo sucedeu em uma verificação nas visões e abordagens internacional e nacional quanto as diretrizes a respeito do direito ao acesso a água pelo ser humano, bem como a concessão do direito de uso como forma de proteção desse bem.

A água, como parte do meio ambiente, fora mencionada em algumas ocasiões, embora seu reconhecimento como direito fundamental tenha sido tardio, já que nenhum texto internacional mencionava expressamente esse direito como fundamental, até a resolução da Assembleia Geral da ONU A/RES/64/292, em julho de 2010.

Observa-se, portanto, uma transformação no tratamento jurídico internacional da água potável nos últimos anos, onde a água era vista exclusivamente como objeto mercantil, passando por uma mudança expressiva de protegê-la e promovê-la como um direito humano fundamental, a fim de que as presentes e futuras gerações, possam ter assegurado seu acesso, a fim de que seja efetivado o princípio da dignidade humana e do meio ambiente ecologicamente equilibrado.

O panorama nacional é de que três em cada dez domicílios urbanos ainda não são abastecidos com água potável. Nas regiões com menor acesso a rios, nascentes e aquíferos, o atendimento é precário. Nas áreas e bairros mais pobres, o mesmo cenário. De acordo com o Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS), no ano de 2018, a cobertura do sistema de abastecimento de água, no Brasil, foi de 83,6% da população.

Com o novo marco legal de saneamento, Lei nº 14.026, aprovada em 2020, espera-se que ocorra aumento do índice de acesso ao saneamento básico no Brasil, especialmente no tocante à ampliação da cobertura de abastecimento de água potável, com vistas à sua universalização. Tal objetivo já foi alcançado nas capitais Curitiba (PR), Goiânia (GO) e Brasília (DF), conforme divulgado no Ranking ABES da Universalização do Saneamento (2021), os quais apresentaram índices de atendimento de 100%, 99,18% e 99,0%, respectivamente.

O Instituto Trata Brasil, há 11 anos, publica seu Ranking do Saneamento, com base nos indicadores das 100 maiores cidades, e Rio Branco, há muitos anos, figura entre as piores cidades. No relatório 2021 (ano base 2019), a capital estava na 96ª posição entre as 100 cidades, no índice de atendimento à população com água tratada, com taxa de 54,3%. Isso evidencia que tanto o estado quanto a capital têm desafios enormes em saneamento básico e estão muito distantes das metas previstas no novo Marco Legal do Saneamento.

No que tange a segurança hídrica na capital do Acre, o painel atual mostra-se distante daquele apresentado em 2012 no Plano Estadual de Recursos Hídricos. A verdade é que, a cada ano que passa, durante o período de escassez de chuvas, influenciado pela forte sazonalidade do regime hidrológico da região, a população do Acre tem sofrido com a falta de água em suas residências, precisando enfrentar racionamento e rodízio no abastecimento.

Do ponto de vista ambiental, carece de um olhar mais atento quanto a concessão do volume outorgável para captação de água do Rio Acre, e que represente a realidade dos corpos hídricos, que com o avançar dos anos, apresentam valores de escoamento superficial cada vez menor no período de seca, sinal de evidente comprometimento de sua capacidade.

4. REFERÊNCIAS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Ranking ABES da Universalização do Saneamento**. Edição 2021. Disponível em: <http://abes-dn.org.br/?page_id=41939> Acesso em 9 jul. 2021.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento. **Outorga de direito de uso dos recursos hídricos**. Conjuntura recursos hídricos Brasil. Brasília-DF, 2019.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento. **Outorga de direito de uso dos recursos hídricos**. Caderno de capacitação em recursos hídricos. Brasília-DF, 2011.

BRANCO, O. E. A. **Avaliação da disponibilidade hídrica: conceitos e aplicabilidade**. 2006. Disponível em: <<https://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/04/Disponibilidade-H%C3%ADdrica.pdf>>. Acesso em 14 dez. 2020

BRASIL. **Lei nº 11.107, de 06 de abril de 2005**. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 07 abr. 2005.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2007.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1997.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

CASTRO, L. S. Direito fundamental de acesso a água potável e a dignidade da pessoa humana. Âmbito Jurídico. **Ambiente Jurídico**, São Paulo, 2013. Disponível em: <<https://ambitojuridico.com.br/edicoes/revista-117/direito-fundamental-de-acesso-a-agua-potavel-e-a-dignidade-da-pessoa-humana/>>. Acesso em 12 mar. 2021.

CONTI, I. L.; SCHROEDER, E. O. **Convivência com o semiárido brasileiro**. Autonomia e protagonismo social. Brasília-DF: Editora IABS, 2013.

DIAS, R. B. Tecnologias sociais e políticas públicas: lições de experiências internacionais ligadas à água. **Inclusão Social**, v. 4, n. 2, p. 56-66, 2011.

EICHENBERGER, A. M. R.; SOUZA, T. S.; NASCIMENTO, P. S. Tendência e correlação da vazão e da precipitação pluviométrica no município de Valença-BA. **GeoFronter**, v. 6, p. 01-20, 2020.

FIOREZE, A. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Usos dos recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 1, p. 28-35. 2010.

LUCENA, R. G. R.; RAZZOLINI, M. T. P.; MENEZES, L. M. B.; MARQUES, R. A. A.; NARVAI, P. C. Significados da água na visão de liderança de saúde. **Saúde e Sociedade**, v. 22, n. 4, p. 1193-1204, 2013.

MACHADO, P.A.L.; **Recursos Hídricos: direito brasileiro e internacional**. Malheiros Editores, 2002.

MAIA, I. L. B. O acesso à água potável como direito humano fundamental no direito brasileiro. **Revista do CEPEJ**, v. 20, p. 301-338, 2017.

MAZARO, G.; Água é um direito humano? **Politizei**. 2021. Disponível em: <<https://www.politize.com.br/agua-direito-humano/>>. Acesso em 09 mar. 2021

MONTEFUSCO, C. L. A.; TAMWING, D. S.; CRUZ, W. M.; MOREIRA, J. G. V.; SERRANO, R. O. P.. Direito e diretrizes de acesso a água: contexto geral e abordagem para a cidade de Rio Branco, Acre, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**. Jandaia, v. 18, n. 37, p. 171-190, 2021.

MORAES, D. S. L.; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 370-374, 2002.

NASCIMENTO, N. O.; HELLER, L. Ciência, tecnologia e inovação na interface entre as áreas de recursos hídricos e saneamento. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 1, p. 36-48, 2005.

OLIVEIRA, L. F.C.; FIOREZE, A, P. Estimativa de vazões mínimas mediante dados pluviométricos na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 1, p. 9-15. 2011.

ONU – Organização das Nações Unidas. Assembleia Geral da Onu (AG). **Resolução A/RES/64/292, 28 de julho de 2010**. Disponível em: <https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292>. Acesso em 02 fev. 2021.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos – 2019**. Disponível em: <unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf-0000367303_por>. Acesso em 26 nov. 2020.

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água**. Nova Iorque, 2006. Disponível em: <http://hdr.undp.org/en/media/01_HDR06%20frontmatter_PT_revCA.pdf>. Acesso em 12 mar. 2021.

PONTES, C. A. A.; SCHRAMM, F. R. I. Bioética da proteção e papel do Estado: problemas morais no acesso desigual à água potável. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 5, p. 1319-1327, 2004.

RAZZOLINI, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. Impactos na Saúde das Deficiências de Acesso a Água. **Saúde e Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 21-32, 2008.

REYMÃO, A. E.; SABER, B. A. Acesso à água tratada e insuficiência de renda duas dimensões do problema da pobreza no Nordeste Brasileiro sob a óptica dos objetivos de desenvolvimento do milênio. **Revibec: Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 12, p. 1-15, 2009.

RIBEIRO, C. B. M; MARQUES, F. A.; SILVA, D. D. Estimativa de regionalização de vazões mínimas de referência para a bacia do Rio Doce. **Engenharia na Agricultura**. Viçosa, MG, v. 13, n. 2, p. 103-107, 2005.

SARRETA, C.R.L.; **Sociologia do Direito à água percepções sociais, ambientais e culturais dos atores diante do direito universal à água e do processo de privatização**. (Tese) Doutorado em Ciências Sociais - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2013.

SCHRAMM, F. R.; KOTTOW, M. Princípios bioéticos em saúde pública: limitaciones y propuestas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, n. 4, p. 949-956, 2001.

SELBORNE, E. L. **A ética do uso da água doce**: um levantamento. Brasília, DF: Unesco, 2002.

SILVA, A. M.; OLIVEIRA, P. M.; MELLO, C. R.; PIERANGELI, C. Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 374–380, 2006.

SILVA, L. M. C.; MONTEIRO, R. A. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos: uma das possíveis abordagens**. In: MACHADO, C. J. S. (Org.). Gestão de águas doces. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre saneamento. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018**. Diagnósticos dos serviços de água e esgoto. 2019. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico_AE2018.pdf>. Acesso em 12 de fev. 2021.

TRINDADE, A. L. C.; ALMEIDA, K. C. B.; BARBOSA, P. E.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 22, n. 1, 2017.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. 7ª Ed. Belo Horizonte, MG: Ed. Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

WHO – World Health Organization and UNICEF. **Progress on Sanitation and Drinking-Water**: 2014 update. Disponível em: <http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/112727/9789241507240_eng.pdf?sequence=1>. Acesso em 31 jan. 2021.

PERSPECTIVA DA EVOLUÇÃO DO LEITO DO RIO ACRE NAS PRÓXIMAS TRÊS DÉCADAS NA CIDADE DE RIO BRANCO, ACRE, BRASIL

Osmar José Accorsi¹, Carolina de Lima Accorsi Montefusco², Wilians Montefusco da Cruz³ e Esperidião Fecury Pinheiro de Lima¹

1. Universidade Federal do Acre (UFAC), Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CCET), Rio Branco, Acre, Brasil;
2. Universidade Federal do Acre (UFAC), Programa de pós-graduação em Ciências, Inovação e Tecnologia para a Amazônia (PPGCITA), Rio Branco, Acre, Brasil;
3. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre (IFAC), Rio Branco, Acre, Brasil.

RESUMO

Uma das preocupações, quando se trata de leito fluvial, em regiões de bacias sedimentares, como o estado do Acre é em relação ao comportamento que o leito fluvial apresenta, principalmente com a sua profundidade. Baseado nas medições realizadas, de 1971 até 2013, se verifica um comportamento no qual até o ano de 1985 a cota mínima do Rio Acre apresentava uma tendência crescente e a partir de 1986 tal cota apresenta uma tendência de redução, devido ao assoreamento que o rio vem sofrendo ao longo desses anos, considerando-se o aumento de volume de sedimentos transportados pelo rio. Como o Rio Acre, além de ser fonte de matéria prima para a construção civil, no caso a areia utilizada como agregado miúdo do concreto, bem como para o abastecimento de água, responsável por 100% da água fornecida à população do município de Rio Branco, a preocupação com o comportamento deste rio é constante. Desta forma, procurou-se, baseado nas medições e análises estatísticas, analisar o comportamento da evolução da cota mínima e do assoreamento do rio e através de previsões e projeções, estimar o tempo que levará o rio para um assoreamento total, quando registrará uma cota de “zero” metro, impedindo a obtenção de areia e água para a demanda da população.

Palavras-chave: Assoreamento, Extração de areia e Cota mínima.

ABSTRACT

One of the concerns, when it comes to the riverbed, in regions of sedimentary basins, such as the state of Acre, is in relation to the behavior that the riverbed presents, mainly with its depth. Based on measurements carried out, from 1971 to 2013, there is a behavior in which, until 1985, the minimum level of the Acre River showed an increasing trend and from 1986 onwards, this level shows a tendency to decrease, due to the siltation that the river has been suffering over these years, considering the increase in the volume of sediment transported

by the river. As the Acre River, in addition to being a source of raw material for civil construction, in this case the sand used as fine aggregate in concrete, as well as for water supply, responsible for 100% of the water supplied to the population of the municipality of Rio Branco, the concern with the behavior of this river is constant. Thus, based on statistical measurements and analysis, an attempt was made to analyze the behavior of the evolution of the minimum level and siltation of the river and, through forecasts and projections, estimate the time it will take the river to complete silting, when it will register a level of “zero” meter, preventing the obtainment of sand and water for the population's demand.

Keywords: Silting, sand extraction and minimum quota.

1. INTRODUÇÃO

Os fatores naturais do processo erosivo podem estar relacionados ao clima, ação erosiva da água no terreno e cobertura vegetal e, além destes, encontram-se os fatores antrópicos como desmatamento, exploração mineral e expansão urbana. Destes fatores, no caso do Rio Acre, todos contribuem em uma maior ou menor escala para que possa ocorrer uma aceleração dos processos erosivos e, conseqüentemente, o assoreamento dos rios (ACCORSI, 2001).

A extração mineral também tem uma forte influência na engenharia quando, a partir dela, se obtém matérias primas importantes para a construção civil, tais como o material arenoso. Segundo a classificação proposta por Oliveira e Mauro (1993), os portos de areia são classificados em: Portos Ativos Operantes, Portos Ativos Inoperantes e Portos Desativados e, de acordo, com esta proposta de classificação, em Rio Branco, ocorrem os Portos Ativos Operantes, que estão em operação, recebendo e armazenando produto extraído dos leitos fluviais.

Para a exploração de areia, de uso imediato na construção civil, várias são as técnicas de exploração utilizadas, tais como: extração manual, em fossa, em área de várzea, em leitos de cursos d'água e em leitos de cursos d'água navegáveis, dependendo de onde este material é encontrado.

No estado do Acre, de modo geral, e no caso do município de Rio Branco, de modo específico, por não existirem depósitos residuais, a areia utilizada na construção civil, sempre foi retirada diretamente dos leitos fluviais, sendo utilizada sem nenhum tratamento, tais como, seleção granulométrica adequada, retirada de material pulverulento e retirada de matéria orgânica. Esses materiais podem interferir na qualidade das obras executadas com este material arenoso.

Para a Engenharia Civil, a areia é um bem mineral indispensável e, quanto melhor a qualidade da areia, melhor será o resultado do produto. A partir de observações locais e análise da dinâmica fluvial, do comportamento do transporte e da sedimentação fluvial, os quais produzem os depósitos fluviais, procurou-se encontrar melhor localização para obtenção de um material arenoso que atenda às características geotécnicas e as normas técnicas para a sua utilização como agregado miúdo do concreto, bem como na confecção da argamassa para revestimentos.

No Acre o material utilizado como agregado miúdo é obtido nos leitos fluviais pelo processo de dragagem, processo que, além de fornecer material, pode se tornar um fator contribuinte no desassoreamento do rio Acre.

Estudos de Oliveira e Mello (2007) destacam que a extração de materiais aluvionares em rios vem sendo fortemente condenada por diversos setores da sociedade em função dos desequilíbrios que esta atividade pode causar na dinâmica fluvial. Os leitos ativos de rios são dinâmicos e respondem rapidamente aos estímulos externos, incluindo a extração de areia.

De acordo com Langer e Glanzman (1993), Kondolf (1994) e Owri (1995) apud Oliveira e Mello (2007), em que pese todos os severos impactos que as ações antrópicas podem impor à dinâmica fluvial e aos ecossistemas aquáticos, mesmo assim, ainda é possível a extração de areia a partir de fontes localizadas em leito ativo de rios, sem causar impactos ambientais negativos, desde que sejam obedecidas as condições naturais de regime hidráulico do sistema fluvial, além de mantidas as práticas apropriadas de exploração, garantindo, dessa forma, a sustentabilidade.

Dentre os conceitos e enfoques do termo sustentabilidade, Encarnação (2007) considera que a “sustentabilidade fomenta uma visão de desenvolvimento que suplanta o reducionismo, o desenvolvimento sustentável representa para o homem e para a natureza uma garantia de sobrevivência”.

Devido à importância dos cursos d’água na Região Amazônica torna-se desafiador conhecer o comportamento destes cursos de água, para, da melhor forma possível, aproveitar os recursos por eles fornecidos, sendo, no caso específico, o rio Acre a principal fonte de abastecimento de água para a população de Rio Branco.

Compreender a situação em que se encontra o leito fluvial do rio Acre, no trecho em estudo é de extrema importância, para auxiliar ambientalmente na manutenção da profundidade do canal fluvial, uma vez que ele está sendo gradativamente assoreado.

2. MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

A área para estudo está localizada dentro da área urbana de Rio Branco, próximo ao Mercado Elias Mansour, no bairro Cadeia Velha, onde estão instaladas as réguas limnimétricas para a medição da cota do rio (Figura 1).



Figura 1. Localização da área de estudo.

Coordenadas: 9°58'34"S a 9° 58'28" S / 67°48'03"O a 67°47'52" O. Fonte: Google Earth™ Mapping Service (2013) – Adaptado pelos autores (2013)

Em termos climáticos, considerando a classificação de Köppen, de acordo com Brasil (1976), através do Projeto RADAMBRASIL, o clima dominante é o tropical chuvoso. Caracteriza-se por apresentar temperatura média do mês mais frio superior a 18°C, apresenta uma estação seca, de pequena duração, que não é representativa para a vegetação, em consequência dos elevados índices de precipitação que mantém a umidade necessária ao desenvolvimento e manutenção das florestas tropicais.

A sazonalidade anual das cheias e das vazantes no rio Acre é bem marcante. Em determinadas épocas produz enchentes que afetam muito à população nas suas margens e

que, em outras épocas apresenta uma baixa do nível do rio muito acentuada, que afeta também o abastecimento de água potável.

A principal Rede Hidrográfica que drena a área de influência da pesquisa é a do rio Acre, que faz parte da Bacia Hidrográfica do Acre-Purus (ACRE, 2010).

2.2. COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Os dados que serviram de base para o presente estudo foram obtidos na Coordenação de Defesa Civil do Estado do Acre. Sobre as cotas do Rio Acre, tanto as máximas quanto as mínimas, foram obtidas a partir de leituras diárias, nas réguas limnimétricas instaladas na margem direita do Rio Acre, no bairro Seis de Agosto, município de Rio Branco, apresentando uma Série Histórica, com informações a partir de janeiro de 1971 até dezembro de 2013, com as quais foram executadas várias comparações. Também se utilizou de uma Série Histórica de medidas de pluviosidade em Rio Branco, de 1971 até 2013, a qual foi a base para as correlações entre as cotas e a pluviosidade e as vazões do rio Acre.

Por meio de um corte transversal hipotético no rio Acre, e com o auxílio da ferramenta computacional, Software GeoGebra, conseguiu-se mostrar como se encontra o leito do rio atualmente e assim determinar duas zonas (zona 1 e zona 2), que apresentavam duas faixas de assoreamento no Rio Acre, onde determinou-se a área correspondente ao material acumulado no fundo do rio, constatando-se o assoreamento do rio ao longo de 43 anos (Figura 2).

A zona 1, que corresponde à diferença das médias das cotas mínimas do ano de 1971 a 1990 (limite inferior) e de 1991 a 2000 (limite superior), apresenta uma área correspondente a 26,80 m². A zona 2, que corresponde a diferença das médias das cotas mínimas do ano de 1991 a 2000 (limite inferior) e de 2001 a 2013 (limite superior), apresenta uma área correspondente a 31,00 m². O material assoreado no Rio Acre, ao longo desses 23 anos, corresponde a uma área de 57,80 m².

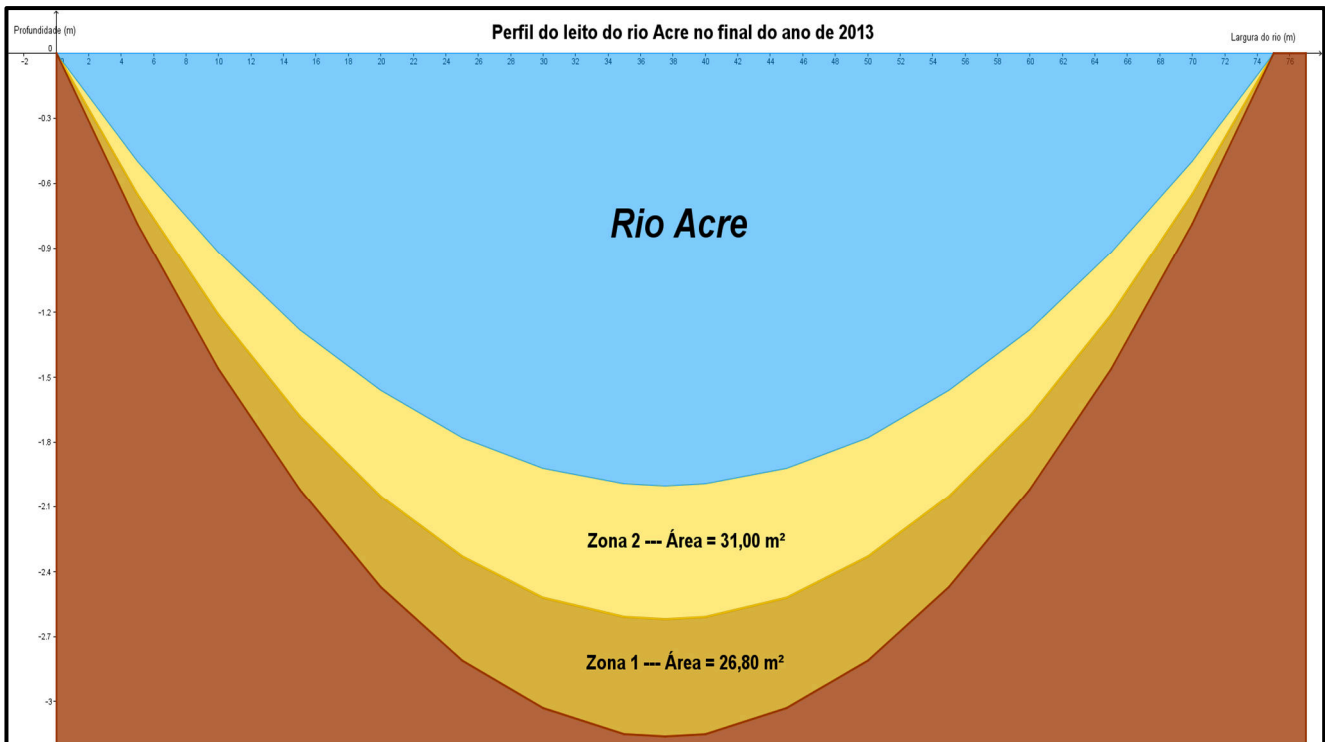


Figura 2. Perfil batimétrico hipotético do rio Acre no final do ano de 2013, a partir das cotas mínimas.

2.3. ESTATÍSTICA EMPREGADA

A partir das análises estatísticas realizadas foi possível se estabelecer uma previsão com relação ao comportamento das cotas do Rio Acre ao longo dos próximos 50 anos.

Neste sentido, foi utilizado para a modelagem o seguinte modelo de regressão linear (Eq.1):

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + e_i \text{ (Eq. 1),}$$

Onde:

y_i : é a cota máxima no ano x_i ;

x_i : é o i -ésimo ano;

β_0 : é o coeficiente linear da reta ou termo constante;

β_1 : é o coeficiente angular da reta que indicará a taxa de variação; e

e_i : é o erro aleatório, supostamente normal com média zero e variância constante σ^2 , ou seja, $e_i \sim N(0, \sigma^2)$.

Além disso, supõe-se que os e_i 's são independentemente distribuídos.

Para a estimação dos parâmetros β_0 e β_1 , considerando-se o Método dos Mínimos Quadrados, foram usadas as seguintes relações, descrito em Morettin e Bussab (2010), (Eq. 2) e (Eq. 3):

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 \bar{x} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \bar{x}^2} \quad (\text{Eq. 3})$$

Os intervalos de confiança ao nível de 95 % para os parâmetros β_0 e β_1 foram encontrados conforme Morettin e Bussab (2010); (Eq.4).

$$IC(\beta_i; \gamma) 95\% = \hat{\beta}_i \pm t_{\gamma, (n-2)} s_e \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (\text{Eq. 4})$$

Além disso, para cada parâmetro foi realizado um teste t de Student ao nível de significância de 5 %, conforme as seguintes hipóteses:

$$H_0 : \beta_i = 0 \quad / \quad H_1 : \beta_i \neq 0$$

Um Teste F (ANOVA) também foi realizado para verificar se o modelo de 1° grau como um todo era pertinente. Neste caso, a seguinte hipótese foi considerada;

$$H_0 : \beta_0 = \beta_1 = 0 \quad ;$$

$$H_1 : \text{pelo menos em } \beta_i \neq 0 .$$

Para cada resposta estimada foram encontrados os Intervalos de Confiança para $\mu(x) = \beta_0 + \beta_1 x_i$ dados por, (Eq. 5):

$$IC(\mu(x); \gamma) = \bar{y}_i \pm t_{\gamma, (n-2)} s_e \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (\text{Eq. 5})$$

Isto também foi realizado com os Intervalos de Predições, conforme (Eq. 6):

$$IP(y_f; \gamma) = \bar{y}_f \pm t_{\gamma, (n-2)} s_e \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (\text{Eq. 6})$$

onde y_f é a observação futura, s_e é o desvio padrão do resíduo e $t_{\gamma, (n-2)}$ é um quantil da distribuição t de Student com " $n - 2$ " graus liberdade.

Para verificar se o que foram pressupostos sobre os erros e_i não estão sendo violados, foram feitas análises visuais de Gráficos dos Resíduos, conforme Morettin e Bussab (2010).

Adicionalmente, utilizou-se o cálculo de médias móveis de 43 anos, para a estimação de tendência temporal da cota mínima do rio Acre, no período em estudo (NAGHETTINI, PINTO, 2007).

Para as análises foram utilizados os Softwares R (versão 3.0.2 para Windows) e o Microsoft Excel (2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao tratar-se especificamente das cotas do Rio Acre, considerando-se as leituras executadas pela Defesa Civil, nos 43 anos (1971-2013), tem-se a observar que:

- A maior cota máxima medida no Rio Acre foi de 17,66 metros, no ano de 1997 e a menor cota máxima foi de 11,37 metros no ano de 1980;
- A cota mínima variou de 3,76 metros, no ano de 1985, até a menor cota mínima registrada, que foi de 1,50 metros, no ano de 2011, apesar de que, em alguns anos estes valores apresentaram variações para maior ou para menor. Constatou-se claramente uma crescente diminuição da cota, caracterizando assim o assoreamento que o rio vem sofrendo ao longo destes 43 anos, período desde quando a Defesa Civil vem realizando estas medidas; e
- A partir dos dados levantados, a cota mínima apresenta uma variação de 2,26 metros (3,76 m – 1,50 m), demonstrando assim uma tendência crescente da diminuição da cota.

Analisando o comportamento da cota mínima do rio, ao longo desses 43 anos de medições, constatou-se claramente que, de 1971 até 1985, as cotas mínimas apresentavam

uma linha de tendência crescente e a partir daí uma tendência muito marcante decrescente (Figura 3).

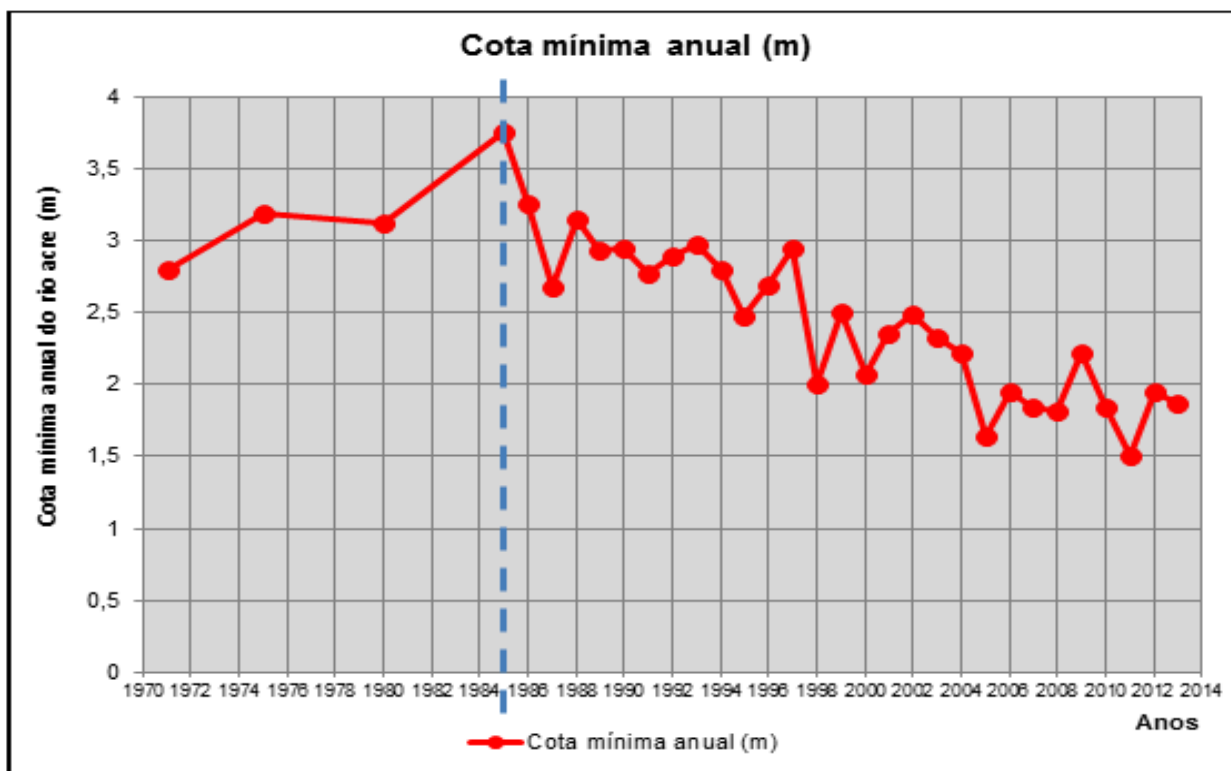


Figura 3. Comportamento da cota mínima anual no rio Acre de 1971 a 2013. Dados da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil - CEDEC – Acre

Ao longo, das últimas três décadas, especialmente do início de 1980 até 2013, constata-se que o Rio Acre apresenta uma clara diminuição da sua cota, pois quando se observa os valores da pluviosidade registrados em Rio Branco, não se verifica diferenças significativas de 1970 a 2013, sempre com valores anuais de pluviosidade acima de 1500 mm. Sendo assim, era de se esperar que as cotas do rio também não apresentassem uma diferença ao longo destes anos.

A partir de 1998, o Rio Acre apresenta uma linha de tendência sempre com valores inferiores a 2,5 metros, o que pode evidenciar assoreamento do rio, fator este que pode levar a um incentivo maior à dragagem de areia, que além de fornecer material para construção civil, auxilia no retorno do rio ao seu leito original e, assim, contribuir para a redução das inundações.

Como se pode observar na Figura 4, na qual se faz uma comparação entre a cota mínima do Rio Acre e a pluviosidade anual, percebe-se uma clara tendência da diminuição da cota do rio, enquanto a pluviosidade anual nunca foi inferior a 1500 mm.

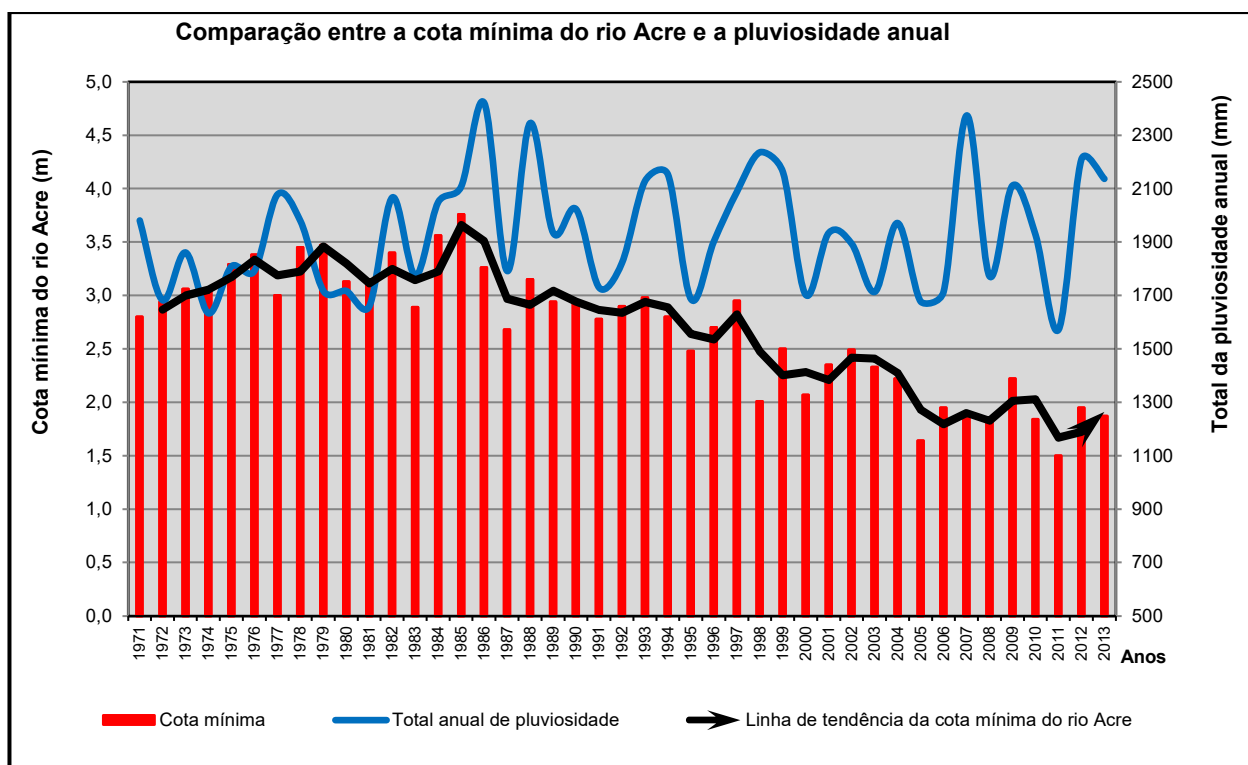


Figura 4. Comparação entre a cota mínima do rio Acre e a pluviosidade anual (1971-2013). Dados da Coordenadoria Estadual de Defesa Civil - CEDEC – Acre

A partir da média das cotas mínimas do período de 1991-2000, que é de 2,62 metros foi construído o perfil hipotético do fundo do rio Acre. Esta cota foi considerada como de maior profundidade, neste período, para a finalidade de se observar as duas zonas de assoreamento, já apresentadas na figura 2.

Experimentalmente, para a determinação do volume do assoreamento que o rio Acre está sofrendo, o que se constata pela variação da profundidade do rio, ao longo destes 43 anos, foi considerada uma seção longitudinal, de 50 metros a montante e 50 metros a jusante do local onde foram realizadas as medições (Figura 5).



Figura 5. Seção longitudinal do rio Acre para o cálculo do volume de material assoreado no leito do rio.

Fonte: Google Earth™ Mapping Service (2013) – Adaptado pelos autores (2013)

Portanto, os valores considerados para o cálculo do volume do material arenoso depositado, serão os dados relativos às áreas da zona 1 e da zona 2, por uma seção longitudinal de 100 metros para se estipular o volume de material depositado.

Ao longo de 23 anos ocorreu uma diminuição da cota do rio Acre, de aproximadamente 1,16 metros, o que corresponde a uma área de $57,80 \text{ m}^2$ ($26,80 \text{ m}^2 + 31,00 \text{ m}^2$); considerando uma largura média do rio de 75 metros. Quando se define o volume, considera-se uma seção longitudinal de 100 metros, apresentando um volume de material assoreado de 5.780 m^3 ($57,80 \text{ m}^2 \times 100 \text{ m}$).

Baseado nestes valores verifica-se que, em 23 anos (1991-2013) ocorreu um assoreamento de 1,16 metros ($3,16 \text{ m} - 2,00 \text{ m}$). Como a menor cota do Rio Acre verificada em 2011, de 1,50 m, conclui-se que, se as condições atuais forem mantidas, em termos de ocupação das margens do rio e destruição da mata ciliar e, se nada for feito para se evitarem as ocupações e os processos erosivos, em um período de aproximadamente 30 anos o leito do rio ficará totalmente assoreado.

Considerando este valor como constante, observa-se que, se em 23 anos o rio apresentou um assoreamento de 1,16 metros, então em um ano verifica-se uma taxa de 0,050 metros/ano. Nesta taxa de assoreamento, nos próximos 30 anos, a tendência é que o

rio, no local das medições, apresente-se seco, ou seja, totalmente assoreado, com uma cota de zero metro e um assoreamento de 1,50 metros ($30 \text{ anos} \times 0,050 \text{ m/ano} = 1,50 \text{ metros}$).

O objetivo é estimar quando o rio deverá atingir a cota “zero” metro e, considerando as condições hidrológicas, geológicas, populacionais, erosivas, entre outras, que se apresentaram até hoje. Sendo assim, analiticamente constata-se que o rio apresentará o “zero” metro por volta do ano de 2043.

Foram realizadas previsões futuras sobre o comportamento da cota mínima do Rio Acre para os próximos anos, estimando a tendência da cota mínima apresentar um valor de “zero” metro.

Baseado na análise da regressão linear e considerando-se os limites superiores e inferiores de confiança, bem como os limites superiores e inferiores de predição, nesta análise de regressão e nas previsões realizadas, foi possível à confecção do gráfico com os respectivos limites (Figura 6), que subsidiaram as conclusões desta pesquisa.

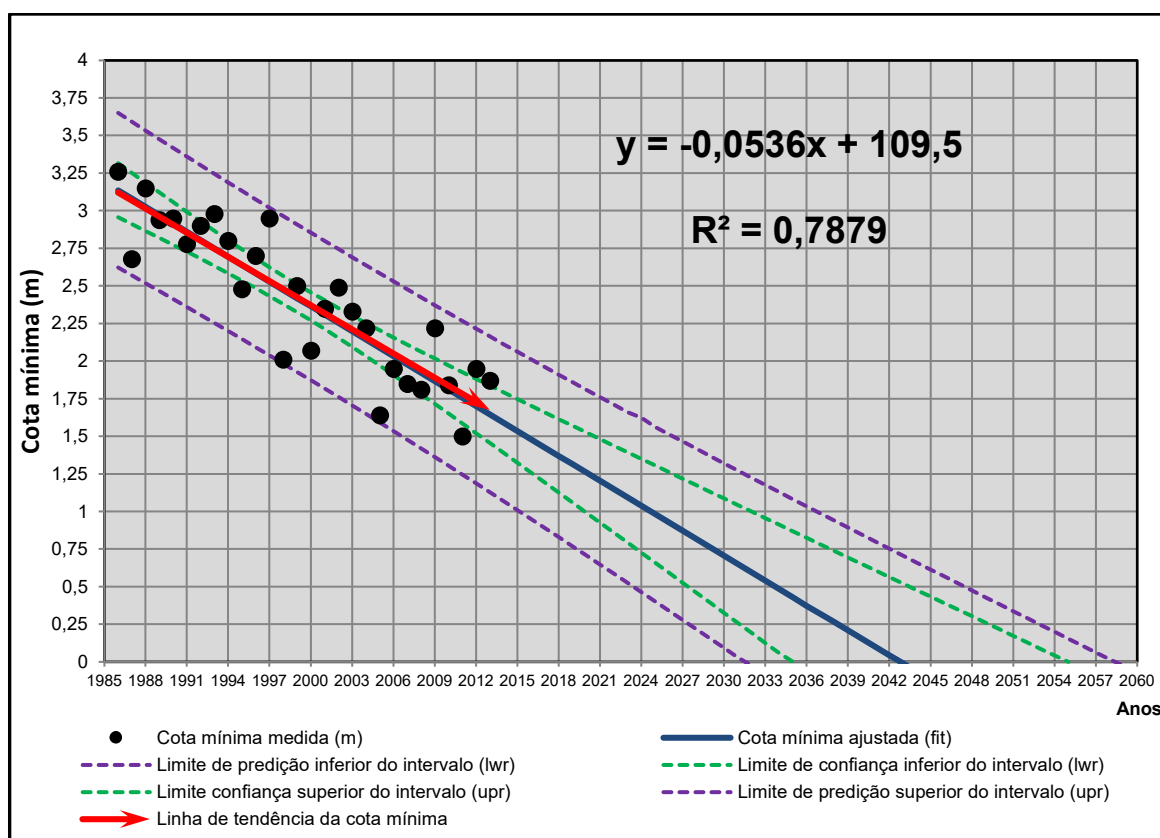


Figura 6. Ajuste do modelo de regressão linear simples para a variável cota mínima em função dos anos. As linhas tracejadas representam os intervalos de Predição e os Intervalos de Confiança para os valores médios.

As análises estatísticas realizadas, com a utilização dos Softwares R (versão 3.0.2 para Windows) e o Microsoft Excel (2010), foi possível serem feitas previsões com relação ao comportamento das cotas do Rio Acre, até aproximadamente o ano de 2060, considerando os limites superiores de predição e de confiança.

- A previsão para o ano em que o Rio Acre atinja a cota de “zero” metro, considerando as condições atuais é o ano de 2043;
- Nas análises mais pessimistas, considerando-se os limites mínimos de predição e confiança, o Rio Acre terá a cota “zero” metro nos anos de 2032 e 2035, respectivamente; e
- Nas análises mais otimistas, considerando-se os limites máximos de confiança e predição, o Rio Acre terá a cota “zero” metro nos anos de 2055 e 2058, respectivamente.

A partir da equação de regressão apresentada na figura 6, verificou-se que a taxa de variação anual na Cota Mínima é de menos 0,0536 m ao ano, ou seja, a cada ano a cota mínima tende a diminuir 0,0536 metros, com intervalo de confiança de 95%, igual a [-0,0648; -0,0424], conforme tabela 1. Assim, o ano estimado pela equação para que o rio atinja a cota “zero” metro será em 2043. Na tabela a seguir estão os valores estimados para os parâmetros β_0 e β_1 da reta de regressão e os resultados do teste t de Student, para as hipóteses de nulidade de tais parâmetros (Tabela 1).

Tabela 1. Testes de hipóteses para a significância dos parâmetros do modelo e Intervalos de Confiança (IC) a 95% para os mesmos.

| Parâmetro | IC (95%) | | Estimativa | Erro padrão | P - valor |
|-----------|----------------|----------------|------------|-------------|-----------|
| | 95% inferiores | 95% superiores | | | |
| β_0 | 87,10335 | 131,904762 | 109,5041 | 10,89778 | < 0,0001* |
| β_1 | -0,06477 | 0,0423629 | -0,05357 | 0,00545 | < 0,0001* |

* indica que a hipótese nula é rejeitada ao nível de significância de 5%.

Análise de Variância para o modelo de regressão (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de variância e teste F para o modelo de regressão.

| FV | GL | SQ | QM | F |
|----------|----|--------|--------|---------|
| Modelo | 1 | 4,9957 | 4,9957 | 91,334* |
| Resíduos | 25 | 1,3674 | 0,0547 | - |
| Total | 26 | 6,3631 | - | - |

* indica que a hipótese nula é rejeitada ao nível de significância de 5%. FV: Fonte de Variação; GL: Grau de Liberdade; SQ: Soma de Quadrados; QM: Quadrado Médio

Todos os gráficos da Análise de Resíduos e Análise de variância (Tabela 2) indicaram que, as pressuposições feitas sobre o modelo não foram violadas, indicando que o modelo é plausível para os dados.

Portanto, a previsão para que o Rio Acre atinja a cota “zero” metro, bem como os limites de confiança e os limites de predição, obtidos a partir da Regressão Linear são adequados.

Quando se realiza diversas comparações para a obtenção de uma possível previsão para que o Rio Acre atinja a cota “zero” metro, vários cenários, alguns mais pessimistas e outros mais otimistas, baseados nos intervalos de confiança e predição são apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Previsões para que o Rio Acre atinja a cota “zero” metro.

| Previsões | Ano que o rio vai atingir a cota “zero” metro |
|---|---|
| Considerando a Regressão Linear da cota mínima anual de 1986-2013 | 2043 |
| Considerando os limites mínimos e máximos de confiança. | 2035 a 2055 |
| Considerando os limites mínimos e máximos de predição. | 2032 a 2058 |

A partir de todas as análises e previsões realizadas é que na hipótese mais otimista, o rio Acre vai se apresentar totalmente assoreado, portanto, com a cota de “zero” metro, no local onde o estudo foi realizado, no ano de 2058, portanto daqui a 44 anos. Quando consideramos uma hipótese mais pessimista, considerado o cenário mais preocupante, em 2032, o Rio Acre já estará assoreado totalmente, no local estudado.

Neste sentido, se propõe que para o rio não chegar à cota zero, deve-se estimular a dragagem de maneira adequada, pois assim, além de se retardar o assoreamento, pode-se conseguir com que o rio aumente a profundidade de seu leito, ao mesmo tempo que

possibilitaria a obtenção de material arenoso para a construção civil e a prevenção das inundações, que cada vez mais atingem o município de Rio Branco, pois o leito está ficando cada vez menos profundo.

Nesta pesquisa não se discute as causas que possibilitam, ou aceleram o assoreamento, apenas levantamos algumas considerações sobre as possíveis causas.

O processo de dragagem, se estimulada, dentro de um controle ambiental nos locais onde os processos de assoreamento estão mais evidentes, com a retirada de areia a partir das dragas de sucção, as quais apresentam uma produção nominal de 20 m³/hora a 6 m³/hora, poderá ser controlada a taxa de assoreamento, prevenindo a seca do rio e ao mesmo tempo proporcionando a produção de material para a construção civil.

Normalmente, no município de Rio Branco, a retirada de areia do rio é executada a partir de um Motor bomba acoplado a uma bomba de sucção com diâmetro de 6x6" ou 4x4", instalado em uma balsa, que através de tubos de PVC de 150 mm de diâmetro enviam a polpa (areia+silte+argila+água) para os poços de decantação, apresentando os seguintes valores de produção nominal: a bomba de sucção de 6x6" apresenta uma produção nominal mensal de aproximadamente 3.200 m³/mês e a bomba de 4x4", uma produção nominal mensal de aproximadamente 960 m³/mês. Essas produções nominais são aquelas realizadas em condições ideais, sendo que em condições de trabalho sempre ocorre uma redução nestes valores.

É importante ressaltar que o material arenoso utilizado na construção civil tem como única fonte de obtenção o leito fluvial e, portanto, esta atividade não pode ser simplesmente extinta da atividade produtiva do Acre, com o risco de causar um colapso na construção civil.

Considerando os valores do material depositado, no local que foi estudado, que corresponde a 5.780 m³ nestes 23 anos de deposição, o período para recuperação do leito do rio seria de:

- A partir de uma bomba de sucção de 6x6" e considerando a produção nominal diária (160 m³/dia) levar-se-ia aproximadamente 36 dias ($5.780 \text{ m}^3 \div 160 \text{ m}^3/\text{dia}$) de trabalho ininterrupto para recuperarmos o leito do rio nesse local; e
- A partir de uma bomba de sucção de 4x4" e considerando a produção nominal diária (48 m³/dia) levar-se-ia aproximadamente 102 dias ($5.780 \text{ m}^3 \div 48 \text{ m}^3/\text{dia}$) de trabalho ininterrupto para a recuperação do leito do rio no local em estudo.

Tem-se que considerar que esta taxa de retirada corresponde a uma condição ideal, porém deve-se levar em conta também que, mesmo durante o período de retirada, o rio continua a depositar material. Estes valores encontrados consideram como se neste período não ocorresse mais nenhuma deposição, o que não é verdadeiro, pois o rio continua com sua atividade hidrodinâmica, erodindo e depositando material.

4. CONCLUSÃO

A extração de areia em leitos fluviais, quando com orientação técnica correta, pode ser benéfica para a manutenção do leito fluvial, prevenindo e reduzindo o assoreamento do rio e ao mesmo tempo atendendo a demanda socioeconômica pelo recurso explorado, com a utilização imediata na construção civil. No caso da cidade de Rio Branco é a única fonte abastecedora de areia.

Como resultados do desenvolvimento da pesquisa para a caracterização da bacia hidrográfica do Rio Acre foi possível se chegar a algumas conclusões importantes:

- Como está ocorrendo um assoreamento acelerado justifica-se então, como mecanismo para o controle de inundações e para a própria obtenção de materiais arenosos para a utilização na construção civil, a dragagem do leito do rio para que ele retorne ao seu leito original;
- Também a bacia do Rio Acre apresenta características de rios que correm em regiões de relevo plano, apresentando uma carga de material transportado muito grande, principalmente de granulometria muito fina (areia fina, silte e argila), sendo transportado em suspensão mecânica o que fica evidenciado pela coloração e o aspecto barrento da água e apresentando muitos meandros, também uma característica de rios que se desenvolvem em regiões de materiais sedimentares, onde o processo erosivo é muito intenso, independente da ação antrópica que possa vir a ocorrer;
- Nos locais de dragagem de areia, na área de estudo se constatou que, quanto mais próximo do talude era a instalação das dragas para a extração de areia, mais evidentes eram os processos erosivos e de movimentos de massa que ocorriam;

- Foi constatado a partir de medições um assoreamento do rio Acre a partir do ano de 1985, o que está levando a diminuição da cota do rio Acre ao longo dos anos, desde 1985 até 2013;
- A partir de todas as análises estatísticas e previsões realizadas é que na hipótese mais otimista, o Rio Acre vai se apresentar totalmente assoreado, portanto, com a cota de “zero” metro, no local onde o estudo foi realizado, no ano de 2058, portanto daqui a 44 anos. Quando em uma hipótese mais pessimista, considerado o cenário mais preocupante, em 2032 o Rio Acre já estará assoreado totalmente, no local estudado; e
- Com a estimulação da dragagem, em locais específicos, onde os processos de assoreamento são mais acentuados, esses efeitos da diminuição da cota do Rio Acre podem ser revertidos.

Desta forma, deve-se propor uma adequação da legislação às condições e peculiaridades locais, para que se possa exigir o cumprimento das normas e proceder a uma fiscalização de forma efetiva. A partir desse procedimento, incentivar para que os mineradores de areia sejam licenciados, reduzindo ou mesmo evitando os possíveis impactos ambientais negativos originados a partir deste tipo de exploração mineral.

5. REFERÊNCIAS

ACCORSI, O. J. **Mineração de areia no Rio Acre e os problemas ambientais associados: Trecho da área urbana de Rio Branco – Ac.** (Dissertação) Mestrado em Geociências e Meio Ambiente - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. 2001.

ACRE. Governo do Estado do Acre. **Coordenadoria Estadual de Defesa Civil.** Corpo de Bombeiros Militar, 2012.

ACRE. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. **Zoneamento ecológico-econômico – Fase II - escala 1:250.000: documento síntese.** 2 ed. Rio Branco: SEMA, 2010.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM). **Projeto RADAMBRASIL:** Folha SC.19 Rio Branco. geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação potencial da terra. Rio de Janeiro, 1976.

ENCARNAÇÃO, F.L. **Da educação ambiental e sua imersão no ambiente escolar: um diálogo horizontal entre sujeitos e seus saberes**. 2007. Dissertação (Mestrado em Educação Ambiental). Fundação Universidade Federal do Rio Grande, 2007.

GOOGLE EARTH™ MAPPING SERVICE (2013). Image©2012 Digital Globe. Consulta realizada em Julho/2013.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística Básica**. 6ª ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007.

OLIVEIRA, C. M.; MAURO, C. A. Exploração de areia e cascalho no Rio Mogi-Guaçu/Araras, SP. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA**, São Paulo: Universidade de São Paulo, 1993.

OLIVEIRA, F. L.; MELLO, E. F.. A mineração de areia e os impactos ambientais na bacia do rio São João, RJ. **Revista Brasileira de Geociência**, v. 37, n. 2, p. 374-389, 2007.

SOFTWARE GEOGEBRA. **International GeoGebra Institute**. Disponível em: <<http://www.geogebra.org/>>. Acesso em: 16/12/2021.

EFEITOS ABRASIVOS DOS SEDIMENTOS FLUVIAIS EM MÁQUINAS DE FLUXO: UMA AVALIAÇÃO DO DESGASTE EM DOIS ROTORES DE BOMBEAMENTO DE ÁGUA BRUTA

Rodrigo Otávio Peréa Serrano^{1,3}, Anderson Azevedo Mesquita², Francisco Ivam Castro do Nascimento², Waldemir Lima dos Santos³ e José Genivaldo do Vale Moreira¹

1. Universidade Federal do Acre (UFAC), Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia, Rio Branco, Acre, Brasil;
2. Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Programa Pós-Graduação em Geografia, Porto Velho, Rondônia, Brasil;
3. Universidade Federal do Acre (UFAC), Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio Branco, Acre, Brasil.

RESUMO

A resistência ao desgaste por abrasão e erosão dos rotores depende das características dos materiais utilizados em sua fabricação e a dureza de sua superfície determinará a resistência à penetração dos impactos recebido. Apesar dos cuidados especiais quanto a escolha do material de fabricação das bombas, o desgaste por abrasão do rotor é praticamente impossível de ser totalmente evitado. No estudo de caso em questão as amostras de sedimentos coletadas do processo de bombeamento, apresentaram partículas com diferentes granulometrias, em virtude do efeito turbulento na entrada dos dutos, com grande concentração entre 50 à 100 micras. A dinâmica do desgaste mostrou uma combinação de impactos diretos na ponta e na base das pás, desgastando o leito por deslizamento, processos de choque direto e erosão por deslizamento em torno da periferia. Tais desgastes podem interferir no perfil da bomba, reduzindo o rendimento. A análise também demonstrou que as formas semiarredondadas dos sedimentos provocam micro aração e deformação dos rotores, bem como a erosão por escoamento da mistura. Também foi possível observar a diferença da dureza e da capacidade de deformação das ligas metálicas utilizadas em dois rotores: o rotor construído em aço inox apresentou menor desgaste, ocasionado por erosão e maiores danos na zona de cisalhamento, devido a menor capacidade de absorção de impactos diretos, do que o ferro fundido.

Palavras-chave: Abrasão, Erosão, Rotores e Sedimentos.

ABSTRACT

The resistance to abrasion and erosion of the impeller will depend on the materials of the features used in its manufacture, where the hardness of the surface will determine the penetration resistance of the impacts received. Despite the special care in the choice of the

manufacture of pumps material, wear impeller abrasion is virtually impossible to avoid completely. The sediment samples collected from the pumping process showed particles with different particle sizes because of the turbulent effect on the entry of products with high concentrations between 50 and 100 microns. The dynamic wear showed a combination of direct impact on the tip and base of the blades wearing the bed by slip, shock processes and direct erosion by sliding around the periphery. Such wear can interfere with the profile of the pump, reducing the yield. The analysis also showed that the semi-rounded form of sediment, micro plowing and cause deformation of the alloy of the impellers as well as erosion by flow of the mixture. It was also possible to observe the difference in hardness and deformability of the alloys used in the two impellers, where the first, made of stainless steel, showed lower wear caused by erosion and further damage the shear zone due to lower absorption capacity direct impacts, than cast iron.

Keywords: Abrasion, Erosion, Impellers and Sediments.

1. INTRODUÇÃO

Das diversas formas de utilização da água, o abastecimento humano é o mais importante, ficando a cargo das ETAs a captação e o tratamento. Considerando que os rotores são os componentes mais expostos ao desgaste, evidencia-se necessária atenção aos sistemas de bombeamento das EEAB.

A capacidade de suportar altas rotações e impactos de sólidos em suspensão são requisitos essenciais para materiais usados na fabricação de rotores de bombas centrífugas e um exemplo catastrófico dos efeitos de abrasão e erosão podem ser vistos na figura 1.

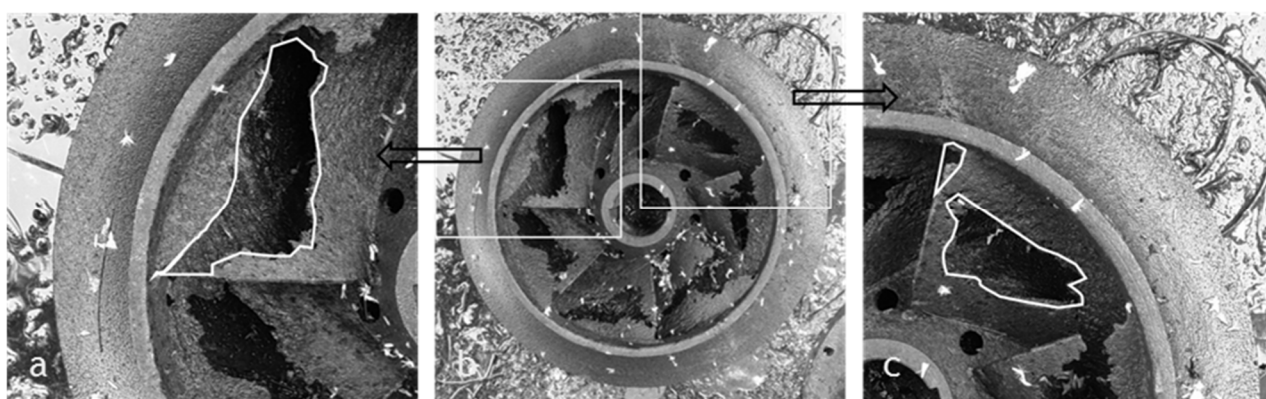


Figura 4. Rotor de uma bomba centrífuga com elevado desgastes por abrasão, erosão e corrosão.

Os rotores dos sistemas de bombeamento das Estações Elevatórias de Água Bruta (EEAB), são os componentes mais vulneráveis ao desgaste decorrente da abrasão dos

sedimentos presentes na água bombeada. Pode-se assumir que o desgaste aumenta em proporções diretas em relação ao diâmetro e distribuição granulométrica dos sedimentos. Tais sedimentos, são abundantes em rios de águas brancas utilizados como fontes de abastecimento urbano de várias cidades da região amazônica. Após o bombeamento, a água passa por processos físico-químico na Estação de Tratamento de Água (ETA) para retirada dos sedimentos e potabilização, antes de serem disponibilizadas para rede de distribuição.

Apesar dos cuidados especiais quanto a escolha do material de fabricação das bombas, o desgaste por abrasão do rotor é praticamente impossível de ser totalmente evitado. Tal desgaste, pode ocasionar um aumento da rugosidade interna e conseqüente incremento da perda de carga com reflexos no rendimento da bomba e aumento do consumo de energia elétrica demandada para bombear a mesma quantidade de água. Como os conjuntos motobomba são responsáveis pela maior parte do consumo de energia no processo de abastecimento de água, os níveis de desgastes do rotor merecem uma atenção especial, pois uma bomba com rotor desgastado e fora do ponto de operação, apresenta perda de rendimentos significativos (CANDURÚ; PEREIRA, 2010).

Conhecer as perdas de eficiência e o desgaste do rotor, ocasionado pelo bombeamento de água bruta com diferentes concentrações de sedimentos, poderá nortear os protocolos de manutenção e a utilização de materiais mais apropriados para a fabricação dos rotores das bombas. Além disso pode permitir a avaliação do momento de intervenção no sistema e até mesmo a substituição dos rotores, em virtude da perda de eficiência por desgaste, antes de danos mais sérios, ocasionados pela vibração do conjunto

Para isso, torna-se necessário identificar a dinâmica desse desgaste, bem como avaliar a evolução da eficiência do conjunto. Dessa forma, o presente trabalho pretende realizar uma revisão dos elementos e estudos a respeito do desgaste do rotor, decorrente da abrasão e erosão por sedimentos dentro da voluta e sua influência na eficiência da bomba, além de realizar uma análise de 2 rotores utilizados em 2 instalação EEAB da Amazônia Legal Brasileira.

2. REVISÃO DE LITERATURA

De modo geral, os mecanismos de desgaste abrasivo fazem parte dos estudos tribológicos que analisam as interações de superfícies em movimento relativo (HUTCHINGS,

1992). Tal interação leva em consideração o atrito, o desgaste e a lubrificação, tendo em vista o interesse econômico, científico e tecnológico em minimizar o desgaste (Figura 2).

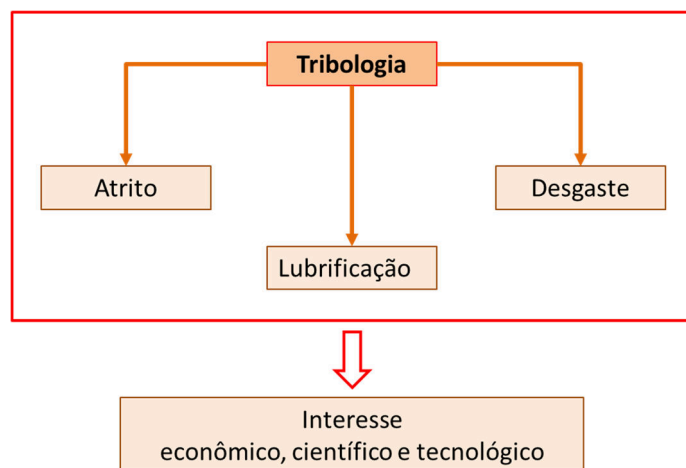


Figura 5. Fluxograma da interação abrasão, desgaste e lubrificação no estudo tribológico (SERRANO et al., 2019)

A relação de atrito e desgaste dependerão das propriedades e forma da superfície do material, bem como das características do agente abrasivo como o tamanho, forma e dureza das partículas (UPADHYAY; KUMARASWAMIDHAS, 2014), além da força de colisão das partículas no material desgastado (SERRANO et al., 2018a)

Dessa forma, Li et al. (2011) identificaram a variação da velocidade do rotor em função do tamanho da partícula e as características da abrasão na bomba, que pode aumentar o consumo de energia elétrica em função da carga de sedimento. Já em relação a abrasão, os autores identificaram, também, que o ângulo de colisão na parede helicoidal, aumenta proporcionalmente com o aumento do tamanho da partícula, podendo ocasionar maior desgaste em função do tamanho da partícula.

Em relação a localização do desgaste, Dong et al. (2009), analisaram os processos de desgaste nas bombas, simulando os componentes baseados na teoria da geometria não linear dos materiais, identificando: a existência de sulcos na superfície dos componentes decorrente do impacto de partículas, o aumento da distorção dos sulcos em função do aumento do diâmetro da partícula, velocidade de impacto e ângulo de colisão.

No mesmo sentido, Pagalthivarthi e Visintainer (2009), através de um modelo de elemento finitos, obtiveram analiticamente as taxas de desgaste através de coeficientes

determinados empiricamente, identificando a taxa de desgaste ao longo da superfície da carcaça e os locais de maior velocidade de erosão. Nesse mesmo trabalho, os autores identificaram que o maior índice de erosão ocorre na região de cisalhamento (região de corte da pá) de forma não uniforme, sendo mais significativas nas extremidades das pás.

Tian et al. (2005) identificaram esses desgastes e propuseram um modelo numérico, em que os desgastes foram determinados para diferentes proporções de mistura e tamanho das partículas, chegando à conclusão de que a forma das partículas e sua distribuição promovem efeitos significativos sobre os valores do coeficiente de desgaste, apresentado forte correlação com a dureza dos materiais empregados no teste.

Já Maio et al. (2012) basearam-se em informações do desgaste, na presença de sólidos suspensos e através de análises estatísticas, e concluíram que o aumento da vibração, provocado pela alteração do peso dos elementos estruturais da bomba, decorrente da erosão ocasionada pela abrasão dos sedimentos, podem indicar a evolução do desgaste da bomba.

O desgaste por abrasão ocorre quando as partículas duras são forçadas contra e se movem em relação a uma superfície sólida, onde as partículas maiores são cortadas na região de cisalhamento, resultando em fragmentos posteriormente moídos no descolar da superfície sólida conforme apresentado na figura 3 (WARMAN, 2009).

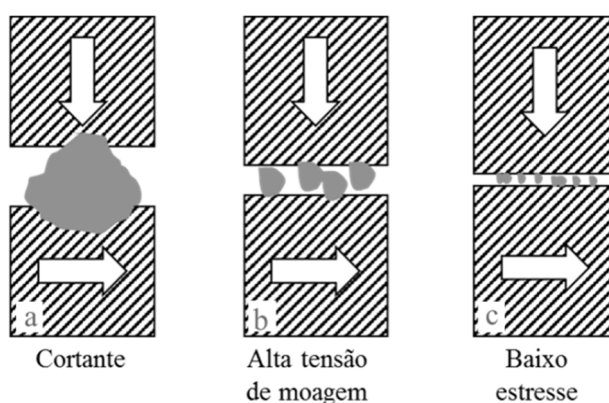


Figura 6. Três principais modos de desgaste.
Fonte: Adaptado de Warman (2009).

Em uma bomba centrífuga, a abrasão ocorre entre o rotor e o manto estacionário da carcaça, e entre o eixo e o invólucro estacionário. Outro fator responsável pelo desgaste do rotor é a erosão, que envolve a perda de material da superfície do rotor e da carcaça pela

ação das partículas arrastadas pelo fluido. Nesse processo, a energia cinética é transferida para partícula que, por ter formas irregulares, apresenta alta tensão de contato específico, conforme pode ser visualizado nas figuras 4 e 5.

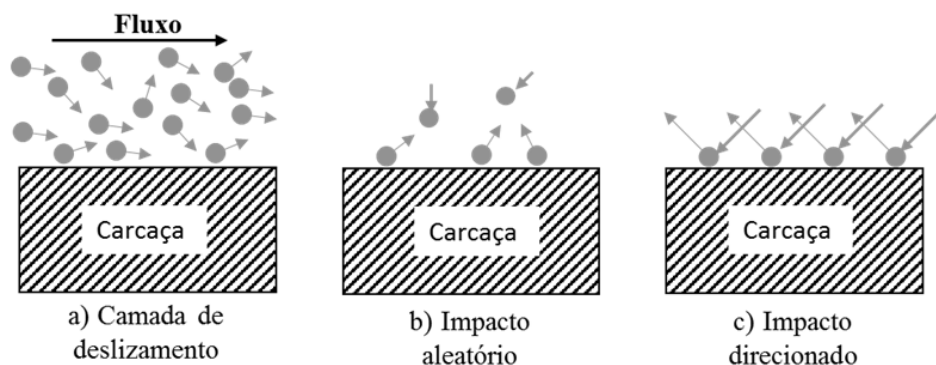


Figura 7. Três principais modos de desgaste erosivo.
Fonte: Adaptado de Warman (2009).

De modo geral, o desgaste, segundo a “American Society of Lubrication Engineers” (ASLE), é definido como a “remoção de material pela ação mecânica”. E, segundo o Comitê Científico da O.E.C.D. (Organization for Economic Cooperation and Development), é a “perda progressiva de matéria da superfície de uma peça em consequência do movimento relativo de um outro corpo sobre a mesma”.

Segundo a norma ASTM (G40) o desgaste é a perda progressiva de matéria da superfície de um corpo sólido devido ao contato e movimento relativo com um outro corpo sólido, líquido ou gasoso (ASTM, 2015). Já a norma DIN 50320 (1979) apresenta definição parecida e destaca quatro principais tipos de mecanismos de desgaste: desgaste adesivo, desgaste abrasivo, desgaste por fadiga de superfície e desgaste por reação triboquímica (Figura 5), sendo que o desgaste pode ter à ação de mais de um mecanismo, dependendo da condição de contato e da geometria das superfícies.

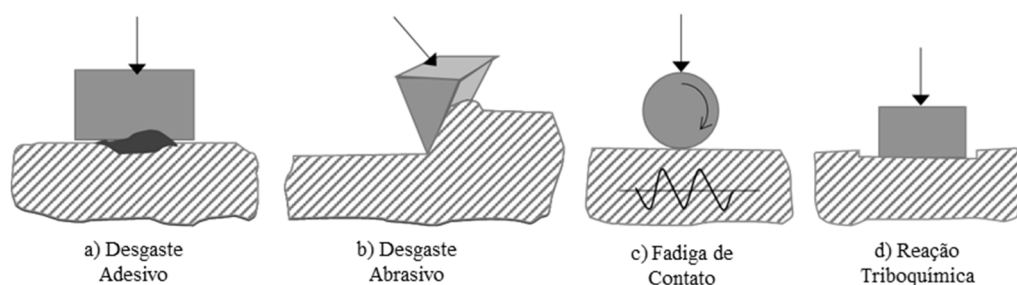


Figura 8. Quatro principais mecanismos de desgaste.
Fonte: Adaptado de DIN 50320 (1979).

O desgaste adesivo é decorrente do contato de dois materiais que se aderem fortemente, podendo ocasionar danos a uma das superfícies decorrente do deslocamento de um dos materiais. O desgaste abrasivo ocorre quando material mais duro desliza contra o material mais macio, resultando em um fluxo de matéria plástica do material mais macio. A fadiga de contato ocorre quando uma pressão sobre uma superfície cria uma tensão na zona de contato, ocasionando trincas de tensões cíclicas e aumentando à medida que a pressão aumenta. As reações triboquímicas ocorrem entre as interfaces de superfície, por exemplo, o desgaste por oxidação (HUTCHINGS, 1992).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. ANÁLISE DOS SEDIMENTOS EROSIVOS

As origens dos sedimentos em suspensão estão relacionadas com a dinâmica geomorfológica dos rios, que transportam grande quantidade de material sólido, oriundos de processos erosivos que são intensificados na estação chuvosa (SERRANO et al., 2019; LUCIO et al., 2020). Neste caso, os rotores analisados, foram utilizados no bombeamento de água do rio Acre, que drenam as unidades geológicas da Formação Solimões, Terraços Aluviâres Antigos e os sedimentos de seus afluentes (ALMEIDA et al., 2004).

Os sedimentos do rio Acre, são classificados como arenosos finos, com fragmentos de ossos fósseis, angulosos com pouca esfericidade, constituídos de quartzo, feldspatos, esmectita, illita e caulinita (ALMEIDA et al., 2004).

Com base nos dados apresentados por Carvalho (2008), a concentração de sedimentos em suspensão do rio Acre varia de 208 mg/L a 840 mg/L no período chuvoso e, no período seco, varia de 38 mg/L a 124 mg/L, com médias 471 mg/L e 69 mg/L, respectivamente. Tais resultados demonstram que a concentração de sedimentos no período chuvoso pode ser 9 vezes maior do que em períodos sem chuva, variando fortemente em função da precipitação pluviométrica.

Segundo o mesmo autor, a granulometria dos materiais em suspensão está situada entre a fração silte a areia fina, com a maior concentração variando de 30 a 45 micras, que totalizam 30% do sedimento analisado (CARVALHO et al., 2008).

Já as partículas bombeadas pelos rotores estudados, podem apresentar diferenças de granulometria e concentração em virtude do efeito de turbulência na entrada dos dutos de captação das referidas estações elevatórias, por apresentar leve efeito de dragagem. No caso das amostras coletadas no tanque de desarenação, logo após o bombeamento, apresentaram concentração de 60% da carga de sedimentos com granulometria variando de 0,075 mm a 0,420 mm, sendo que 1,36% apresentam granulometria superior a 0,420 mm e o restante, 40,35% com granulometria abaixo de 0,075 mm, sendo que o diâmetro D50 foi de 0,097 mm (Figura 6).

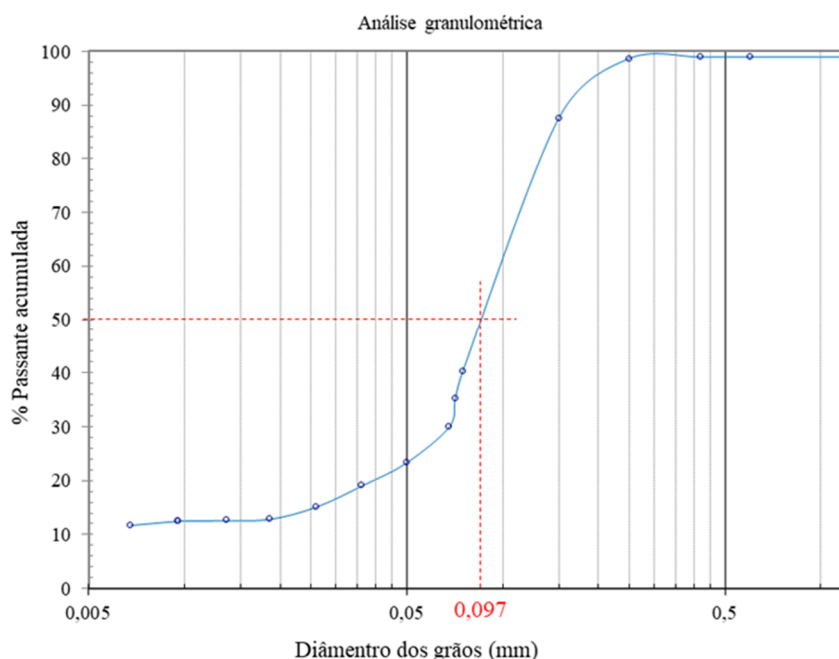


Figura 9. Distribuição granulométrica de sedimentos do rio Acre, dragados pela EEAB.

Os sedimentos em suspensão na água bombeada apresentam classificação granulométrica de areia muito fina a fina, conforme tabela de escala de tamanho apresentado por Wentworth (1922), ou simplesmente areia segundo a ABNT-NBR 6502 (1995) (Figura 7).

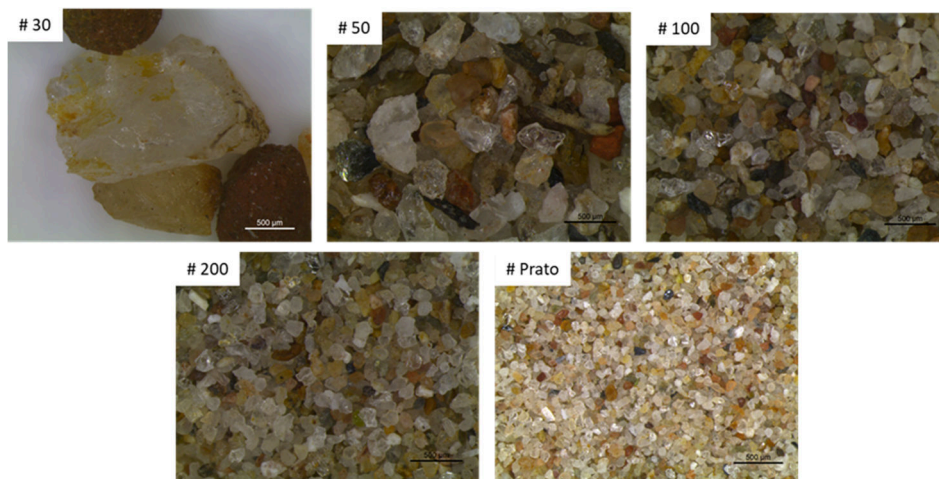


Figura 10. Morfologia classificada dos sedimentos erosivos presentes nas águas do Rio Acre, coletados do tanque de desarenação.

Vale destacar que esses sedimentos apresentam características de material em processo de desgaste de suas arestas e que mais de 74% da fração areia é composta de quartzo e o restante é composta por feldspato, esmectita, illita e caulinita, apresentando classificação de forma de sub-angular a sub-rolado (SERRANO et al., 2018b; SERRANO et al., 2020).

Por fim, segundo as medidas realizadas no ImgeJ, classificou-se os grãos de sedimentos como semiangulares a semiarredondados, característicos de solos jovens e arenosos. Tais características sinalizam para um alto poder abrasivo em razão das pontas afiadas e da grande quantidade de grãos de quartzo com dureza de 4 a 6 na escala Mohs.

3.2. ANÁLISE DOS ROTORES

A resistência ao desgaste por abrasão e erosão depende da característica do material utilizado para fabricação do rotor, cuja dureza de sua superfície determinará a resistência à penetração dos impactos recebido. Os rotores das bombas centrífugas, são submetidas a uma combinação de impacto direto na ponta e na base das pás, desgastando o leito por deslizamento e impactos angulares de baixa intensidade ao longo das pás. As pás são submetidas a um processo de choque direto e de erosão por deslizamento em torno da periferia, como serão mostrados nas figuras 8 (a e c) e 9 (b e d). Já as carcaças das bombas, também são sujeitas ao desgaste por deslizamento e impactos angulares de baixa intensidade, conforme descrito na figura 4.

Neste estudo, foram analisados dois rotores de duas EEAB da Cidade de Rio Branco-AC, o primeiro em aço inox e o segundo em ferro fundido, detalhados a seguir:

3.2.1. Rotor em aço inox

Segundo o fabricante, o rotor analisado foi fabricado segundo a norma A743 (Standard Specification for Castings, Iron-Chromium-Nickel, Corrosion Resistant, for General Application), com liga CF8M de aço inoxidável (KSB, 2008). Por tais especificações, subteme-se alta resistência a corrosão (C), elevada tenacidade, teores de Cr e Ni na ordem de 18% e 9% (F), respectivamente, com no máximo 0,08% de C e revelando o molibdênio em sua composição química (M).

É um rotor de 7 pás, fechado de 400 mm, fluxo único, 2 estágios, podendo operar a 1180 rpm, com uma vazão de 300 l/s, de uma bomba KSB, modelo B22. Este rotor trabalhou por 3 anos consecutivos na EEAB da ETA SOBRAL I, com paradas eventuais para manutenção no sistema elétrico e mecânico. Segundo informações da equipe técnica, é a estação mais antiga, ainda em funcionamento na região. Com a Inauguração da ETA Sobral II, passou um período desativada, voltando a serviço devido a necessidade de aplicação da rede de distribuição. Os filtros da torre de elevação estão desativados, o que permite entrada de material particulado de diferentes tamanhos.

Analisando o rotor, pode-se observar que a zona de cisalhamento recebe a maior parte dos danos, apresentado maior perda de material estrutural do rotor, conforme mostrado na Figura 8 (a e c). Esta região é responsável pelo “corte” da água, recebendo impacto direto com as partículas em suspensão, sofrendo pequenas tricas por fadiga de contato, deixando a região mais vulnerável à erosão e corrosão. Já a variação da profundidade do desgaste pode ser explicada pela variação da distribuição dos compostos químicos do aço durante o processo de fundição do rotor.

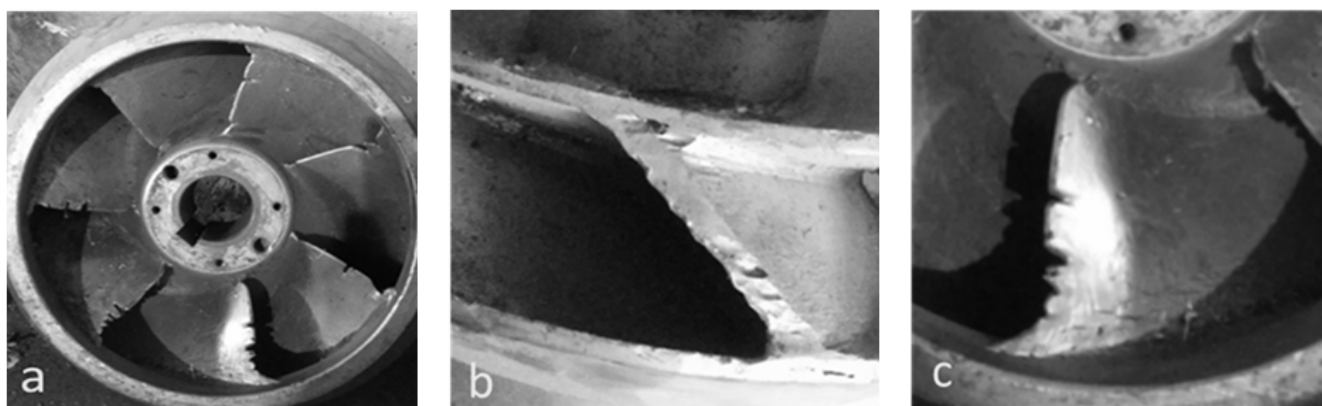


Figura 11. Desgaste por abrasão de sedimentos em um rotor fechado de bomba centrífuga (KSB): a) Vista frontal do rotor; b) Saída do rotor; c) Zona de cisalhamento da pá (Ref.: Própria).

Também foi possível observar que a estrutura de aço inox desse rotor, proporciona boa resistência à corrosão e erosão fora da zona de cisalhamento, mostrando boa resistente ao efeito abrasivo dos sedimentos em suspensão da água.

3.2.2. Rotor de ferro fundido

Segundo o manual da bomba, o rotor é fabricado em ferro fundido, sobre um anel de desgaste em aço inox, montado firmemente na parte inferior da bomba Flygt, modelo M 3300 e apresenta uma estrutura para evitar entupimento.

É um rotor semiaberto, com diâmetro de 395 mm, que trabalha em uma rotação de 1185 rpm, com capacidade de bombear 333 l/s. Tem três pás curvas para trás, com design destinados ao não-entupimento e autolimpeza. Este rotor trabalhou apenas 18 meses consecutivos, até o travamento da bomba, quando trabalhava na EEAB da ETA Sobral II, inaugurada em 2006. Segundo informações da equipe técnica, o tempo médio de vida útil dos rotores de ferro fundidos nesta estação é de aproximadamente dois anos de funcionamento contínuo, com pequenas paradas para manutenção.

A zona de cisalhamento apresentou uma deformação mais uniforme, possivelmente, devido a capacidade de absorção de impacto do ferro fundido (Figura 9b). Ou seja, a região apresenta-se deformada em função do impacto, porém sem perda de material decorrente de fraturas, como o ocorrido com o rotor em aço inox e sim por microsulcos de desgaste.



Figura 12. Desgaste por abrasão de sedimentos em um rotor aberto de bomba centrífuga (FLYGT): a) Vista frontal da parte posterior do rotor; b) Zona de cisalhamento da pá; c) Desgaste da zona de saída; d) Sulcos de erosão na extremidade de saída do rotor.

Os detalhes apresentados na Figura 9d, mostram diferentes profundidades dos sulcos de erosão, provavelmente, decorrentes da variação química durante o processo de fundição. Fora da zona de cisalhamento, as partículas erosivas seguem um padrão de fluxo mais linear ao longo das pás, apresentando um aprofundamento gradual das erosões em virtude do aumento da força centrífuga (SERRANO, 2017).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desgaste da bomba em função dos sólidos de suspensões diluídas na água pode interferir no perfil da bomba, reduzindo o rendimento e provocando um aumento no consumo de energia da estação de bombeamento, que pode ser contabilizado em função do desgaste. Por isso é importante o aprofundamento dos estudos em relação a influência do desgaste na eficiência da bomba.

A análise realizada demonstrou a vulnerabilidade dos rotores ao efeito abrasivo que, conseqüentemente, afetará o balanceamento do rotor, podendo causar maiores danos estruturais da bomba.

As formas sub-angular a sub-rolado dos sedimentos produziram evidências de micro aração e deformação do material, bem como erosão ocasionada pelo escoamento da mistura de água com sedimentos.

As análises também permitiram concluir pela diferença da dureza e da capacidade de deformação das ligas metálicas utilizadas nos dois rotores, onde a primeira, feita em aço inox, apresenta menor desgastes ocasionados por erosão e maiores danos na zona de cisalhamento devido a menor capacidade de absorção de impactos diretos que do ferro fundido.

O tamanho e a proporção dos sólidos suspensos influenciam na eficiência da bomba e, ao longo do uso, influenciam o desgaste do rotor, aumentando o coeficiente de desgaste à medida que as partículas aumentam. O aumento do desgaste pode ser intensificado durante o período chuvoso, decorrente do aumento do carregamento de material particulado para o leito do rio.

Por fim, é importante salientar que a carga de sedimento, tamanho das partículas e o desgaste do rotor ocasionado pela abrasão desses sedimentos, poderá influenciar no

consumo de energia do sistema de bombeamento, seja pelo aumento do peso específico da mistura bombeada, pela alteração do perfil das pás do rotor ou, ainda, em função das duas.

Salienta-se, ainda, que o desgaste irregular proporcionará maior vibração do rotor, ocasionando maior desgaste dos componentes do conjunto motobomba, aumentando os custos de manutenção, sendo necessário um estudo mais detalhado desses custos.

5. REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (1995). **NBR 6502 – Rochas e solos**. Brasil, 1995.

ALMEIDA, H.D.F.; COSTA, M.L.; REGO, J.A.R.; COSTA, A.M.; MARTINS, M.M.M.; OLIVEIRA, M. S. Mineralogia e Composição Química dos Sedimentos Praianos dos Rios que Drenam o Estado do Acre: Implicações Sobre o Intemperismo nas Áreas Importância para Agricultura e o Ambiente. **Anais XLII Congresso Brasileiro de Geologia**, SBG, Araxá, Minas Gerais, 2004.

ASTM (2015). ASTM G40-15. **Standard Terminology Relating to Wear and Erosion**. ASTM International, United States 9 p. Disponível em: <<http://compass.astm.org/download/G40.22077.pdf>>. Acesso em 01/03/2016.

CARVALHO, A.T. COSTA, M.L. ALMEIDA, H.D.F. Os Sedimentos em Suspensão dos Rios Purus e Juruá no Estado do Acre, **Revista científica da UFPA**, p. 1-10, 2008.

CONDURÚ, M.T.; PEREIRA, J.A.R. **Informação Estratégica Para a Gestão Hidroenergética de Sistemas de Abastecimento de Água**. In: GOMES, H.P. Sistemas de Saneamento - Eficiência Energética. Editora Universitária – UFPB, v.1, p. 111-122, 2010.

DIN 50320. Wear; Terms, Systematic Analysis of Wear Processes, Classification of Wear Phenomena. English, **International Classification for Standards**, Alemannia, 1979.

DONG, X.; ZHANG, H.; WANG X. Finite Element Analysis of Wear for Centrifugal Slurry Pump. Proceedings of the International Conference on Mining Science and Technology, ICMST 2009. **Procedia Earth and Planetary Science**, v. 1, n. 1, p. 532–1 538, 2009.

HUTCHINGS, I.M. **Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials**. 1ª ed, Edward Arnold, Londres, 1992.

KSB. Bombas Hidráulicas SA. **Manual Técnico e Curvas Características – Nº A1150.0P/3: Bombas Centrifugas de Uso Geral**. Várzea Paulista – SP, 2008.

LI, Y.; ZHU Z.; HE Z.; HE W., (2011). Abrasion Characteristic Analyses of Solid-liquid Two-phase Centrifugal Pump. **Journal of Thermal Science**, v. 20, n. 3, p. 283–287, 2011.

LUCIO, F.S.; XAVIER, G.B.; MESQUITA, A.A.; MOREIRA, J.G.V.; Santos, W.L.; Serrano, R.O.P. Variação granulométrica e morfológica dos sedimentos de fundo do rio acre: contribuições iniciais ao estudo hidrossedimentológico de canal fluvial no sudoeste amazônico. **UAQUIRI**, v. 2, n. 2, p. 80-98, 2020.

MAIO, F. DI; HU, J.; TSE, P.; PECHT, M.; TSUI, K.; AND ZIO, E. Ensemble-approaches for Clustering Health Status of Oil Sand Pumps. *Expert Systems With Applications*, **Elsevier**, v. 39, n. 5, p. 4847-4859, 2012.

PAGLTHIVARTHI, K.V.; VISINTAINER, R.J. Solid-liquid Flow-induced Erosion Prediction in Three-dimensional Pump Casing. **International Symposium on Liquid-Solid Flows, ASME 2009 Fluids Engineering Division Summer Meeting (FEDSM2009)**, Colorado, USA, 2009.

SERRANO, R.O.P. **Metodologia para avaliação de desgaste abrasivo em pás de rotor de bombas centrífugas de estação elevatória**. (Tese) Doutorado - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, 2017.

SERRANO, R.O.P.; CASTRO, A. L. P.; MOREIRA, J. G. do V.; MESQUITA, A. A.; RICO, E. A. M.; VIANA, E. M. de F.; et al. Estimativa do desgastes das pás do rotor de bomba centrífuga, decorrente da abrasão de sedimento: estudo de caso de rotores fabricados em aço SAE 8620. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n.12, p.95838-95852, 2020.

SERRANO, R.O.P.; CASTRO, A.L.P.; RICO, E.A.M.; PINTO, M.A.; VIANA, E.M. F.; MARTINEZ, C.B. Abrasive effects of sediments on impellers of pumps used for catching raw water. **AGRIAMBI**, v. 22, n. 9, p. 591-596, 2018a.

SERRANO, R.O.P.; LUCIO, F.S.; XAVIER, G.B.; MOREIRA, J.G.V.; MESQUITA, A.A.; OLIVEIRA, A.D.; et al. **Variabilidade morfométrica dos sedimentos arenosos do rio Acre**. In: CARVALHO, C.M.; FURTADO, C.M.; JUNIOR, S.L.; ZAN, R. A. CIÊNCIA, inovação e tecnologia na Amazônia. 2ª ed. Rio Branco: Stricto Sensu, 2019.

SERRANO, R.O.P.; MOREIRA, J.G. V.; CASTRO, A.L.P.; PINTO, M.A.; VIANA, E. M. F.; MARTINEZ, C.B. **Methodology for Abrasive Wear Evaluation in Elevator Stage Centrifugal Pump Impellers**. In: HAILU, G. Rotating Machinery. IntechOpen, v. 1, p. 65-83, 2019.

SERRANO, R.O.P.; SANTOS, P.L.P.; VIANA, E.M. de F.; PINTO, M.A.; MARTINEZ, C.B. Case study: Effects of sediment concentration on the wear of fluvial water pump impellers on Brazil's Acre River. **Wear**, v. 408-409, p. 131-137, 2018.

TIAN, H.H.; ADDIE, G.R.; PAGALTHIVARTHI, K. V. (2005). Determination of Wear Coefficients for Erosive Wear Prediction Through Coriolis Wear Testing. **Wear**, v. 259, n. 1-6, p.160-170, 2005.

Upadhyay R.K.; Kumaraswamidhas L. A. A review on tribology of surfaces and interfaces **Advanced Materials Letters**, v. 5, n. 9, p. 486-495, 2014.

WARMAN. **Slurry Pump Handbook**. Weir SLurry Group, Inc., Fifth Edition Electronic Version, 2009.

WENTWORTH, C.K. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. **Journal of Geology**, v. 30, p. 377-392, 1922.

ORGANIZADORES

José Genivaldo do Vale Moreira



José Genivaldo do Vale Moreira, acreano, licenciou-se em Matemática pela UFAC, em 2004, através do Programa Especial de Formação de Professores para a Educação Básica. Iniciou o Mestrado em Matemática no primeiro semestre de 2012, em MINTER entre UFAM e UFAC, entretanto, no segundo semestre do mesmo ano se desligou para ingressar no Doutorado, na forma de DINTER entre UFMG e UFAC. Concluiu Doutorado em 2016, no Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG. Ingressou como docente efetivo da UFAC em 2009, no Campus Floresta, em Cruzeiro do Sul, onde atua com ensino, pesquisa e extensão. Na graduação, trabalha regularmente com disciplinas que atendem aos cursos de Engenharia Agrônoma, Engenharia Florestal e Ciências Biológicas. Na pós-graduação, atua no Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia, vinculado ao Campus Sede, além do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, do Campus Floresta. Já na extensão, atua comumente em cursos voltados ao uso de ferramentas de apoio a análise estatística. Atualmente ocupa o cargo de vice-diretor do CMULTI, Campus Floresta.

Rodrigo Otávio Peréa Serrano



Rodrigo Otávio Peréa Serrano, rondoniense, graduou-se em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal do Acre - UFAC (2000) e Formação Pedagógica em Geografia (2019), tem mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais pela Universidade Federal do Acre (2005) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Minas Gerais (2017). Atuou como professor de geoprocessamento e topografia do centro multidisciplinar do CMULT/UFAC Campos Floresta de 2006 - 2010. Atualmente é professor 3º grau da Universidade Federal do Acre da área de cartografia. É coordenador da área de geografia do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID-UFAC) e coordenador do Laboratório de Cartografia da UFAC. Tem pesquisas na área de aproveitamento hidráulicos e sustentabilidade, atuando principalmente nos seguintes temas: Recursos hídricos, manejo de bacias, saneamento, desgaste hidroabrasivo e transporte de sedimentos fluviais.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento de Água: 143, 175, 176, 177, 178, 180, 183, 186, 192, 203, 205, 206, 210, 212, 214, 230 e 240.

Abrasão: 228, 229, 230, 231, 232, 236, 237, 238, 239 e 241.

Água: 51, 56, 63, 65, 66, 75, 108, 109, 120, 121, 122, 129, 146, 147, 148, 149, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 175, 176, 178, 179, 183, 185, 186, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 210, 211, 212, 224, 225, 229, 230, 234, 235, 237, 238 e 239.

Alterações Celulares: 73 e 74.

Andiroba: 62, 63, 73 e 74.

Assoreamento: 149, 210, 211, 214, 217, 218, 219, 220, 223, 224, 225 e 226.

Avaliação de Desempenho: 10, 14, 20, 21, 23 e 24.

C

Caranha: 157, 159 e 160.

Carne Bovina: 49, 50 e 58.

Castanha da Amazônia: 62, 63 e 73.

Coliformes: 116, 120, 122, 123, 127, 129, 130, 131, 132, 157, 161, 162 e 163.

Comunidade do Cajueiro: 30, 31, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42 e 45.

Conflito: 11, 21, 25, 30, 31, 35, 36, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 45 e 194.

Contaminação: 116, 127, 128, 129, 131, 132, 162, 163 e 169.

Copaiba: 62 e 63.

Cota Mínima: 210, 217, 218, 219, 221, 222 e 223.

Cupuaçu: 104, 108, 109, 112 e 113.

D

Discussão Colaborativa: 10, 14, 17, 24, 25 e 27.

E

Economia: 36, 49, 57 e 179.

Erosão: 228, 229, 230, 232, 236, 237, 238 e 239.

Esgoto; 57, 175, 176, 178, 179, 184, 185, 186, 198 e 201.

Etnofarmacologia: 86.

Extração de areia: 210, 212 e 225.

F

Fitopatígeno: 104, 106, 107, 108, 109, 110, 112 e 113.

G

Gerenciamento de Mudanças: 10, 15 e 19.

I

Identidade Cultural: 30, 31, 32, 34, 35, 38, 39, 41, 42, 44 e 45.

Instrumentos de controle: 192.

L

Legislação: 56, 66, 116, 131, 132, 161, 164, 166, 167, 168, 169, 180 e 226.

Leite: 116, 117, 118, 119, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131 e 132.

Limnologia: 157.

M

Mudanças Climáticas: 136, 137, 139, 140, 143, 147 e 148.

P

Pasteurização; 116, 118, 119, 123, 130, 131 e 132.

Plasmodium falciparum: 86, 87 e 89.

R

Rotores: 228, 229, 230, 234, 235, 236, 238, 239 e 241.

S

Saneamento Básico: 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 195, 196, 197, 200, 205 e 206.

Sedimentos: 210, 228, 230, 232, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241 e 242.

Segurança Hídrica: 192 e 206.

T

Taenia Saginat: 49 e 52.

Tendências Temporais: 136, 139 e 141.

Teste de Mann Kendall: 136.

Triterpenos: 86, 96 e 97.

V

Vassoura-de-bruxa: 104, 110, 111 e 113.



DOI: 10.35170/ss.ed.9786586283662