


Atitudes em relação às mudanças climáticas: uma revisão sistemática com análise bibliométrica da literatura

Mayara Gomes da Silva^{1*} , Maria Ruthe Gomes da Silva² , Leonardo Ferreira da Silva Neto³ ,
Isabella Leandra Silva Santos⁴ 

1 Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal da Paraíba, Jardim Cidade Universitária, João Pessoa - PB, 58051-830.

2 Programa de Pós-graduação em Ensino, Filosofia e História da Ciência na Universidade Federal da Bahia, Avenida Reitor Miguel Calmon, s/n, Campus Canela, 40110-100.

3 Curso de Psicologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rua Marquês de São Vicente, 225, Gávea - Rio de Janeiro, RJ - Brasil, 22451-900.

4 Programa de Pós-graduação em Psicologia Social da Universidade Federal da Paraíba, Via Expressa Padre Zé - Conj. Pres. Castelo Branco III, João Pessoa - PB, 58033-455.

*Autora para correspondência: mayaragomesec@gmail.com

Recebido em 20 de junho de 2023.

Aceito em 15 de janeiro de 2024.

Publicado em 8 de março de 2024.

Resumo - O objetivo deste trabalho foi investigar como as atitudes frente às mudanças climáticas estão sendo abordadas em publicações científicas sobre a temática. Para tanto, realizamos uma revisão sistemática com análise bibliométrica na base de dados *Scopus* (2018 a 2022). Foram selecionados 55 artigos científicos. Para a análise bibliométrica, foram utilizados os softwares *Microsoft Office Excel* e *VOSviewer*. Os estudos foram sistematizados em cinco categorias: a) Percepção e atitudes relacionadas às mudanças do clima; b) Atitudes em relação às mudanças do clima no contexto da agricultura; c) Orientação política e atitudes em relação às mudanças climáticas; d) Crenças e atitudes referentes às mudanças climáticas; e, e) Atitudes em relação às mudanças climáticas no âmbito da educação. Os resultados apontaram uma maior concentração de estudos nas áreas de ciências ambientais, sociais, da terra e planetárias. Além disso, os índices de publicações por países evidenciaram o debate ainda incipiente no contexto brasileiro sobre a temática. Os estudos sobre as atitudes têm contribuído para a compreensão das percepções de risco climático, dos impactos psicossociais das alterações do clima e das barreiras psicológicas relacionadas às ações climáticas, sendo a educação um dos caminhos necessários de intervenção social e mudanças de atitudes relacionadas às alterações climáticas.

Palavras-chave: Atitudes. Mudanças climáticas. Psicologia das mudanças climáticas. Psicologia ambiental.

Attitudes towards climate change: a systematic review with bibliometric analysis of the literature

Abstract - The aim of this study was to investigate how attitudes towards climate change are being addressed in scientific publications on the subject. To accomplish this, we conducted a systematic review with bibliometric analysis of the literature in the Scopus database (2018 to 2022). A total of 55 scientific articles were selected. For bibliometric analysis, *Microsoft Office Excel* and *VOSviewer* software were used. The studies were systematized into five categories: a) Perception and attitudes related to climate change; b) Attitudes towards climate change in the context of agriculture; c) Political orientation and attitudes towards climate change; d) Beliefs and attitudes regarding climate change; and, e) Attitudes towards climate change in the field of education. The results showed a greater concentration of studies in the areas of environmental, social, earth and planetary sciences. In addition, the indexes of publications by countries evidenced the still incipient debate in the Brazilian context on the theme. Studies on attitudes have contributed to the understanding of perceptions of climate risk, the psychosocial impacts of climate change and the psychological barriers related to climate actions, with education being one of the necessary paths of social intervention and changes in attitudes related to climate change.

Keywords: Attitudes. Climate change. Psychology of climate change. Environmental psychology.

Actitudes frente al cambio climático: una revisión sistemática con análisis bibliométrico de la literatura

Resumen - El objetivo de este estudio fue investigar cómo se abordan las actitudes hacia el cambio climático en las publicaciones científicas sobre el tema. Para lograr esto, llevamos a cabo una revisión sistemática con análisis bibliométrico en la base de datos *Scopus* (2018 a 2022). Se seleccionaron un total de 55 artículos científicos. Para el análisis bibliométrico, se utilizaron los programas *Microsoft Office Excel* y *VOSviewer*. Los estudios se sistematizaron en cinco categorías: a) Percepción y actitudes relacionadas con el cambio climático; b) Actitudes hacia el cambio climático en el contexto de la agricultura; c) Orientación política y actitudes hacia el cambio climático; d) Creencias y actitudes con respecto al cambio climático; y e) Actitudes hacia el cambio climático en el ámbito de la educación. Los resultados señalaron una mayor concentración de estudios en las áreas de ciencias ambientales, sociales, de la tierra y planetarias. Además, los índices de publicaciones por países evidenciaron el debate aún incipiente en el contexto brasileño sobre el tema. Los estudios sobre actitudes han contribuido a la comprensión de las percepciones del riesgo climático, los impactos psicosociales del cambio climático y las barreras psicológicas relacionadas con las acciones climáticas, siendo la educación uno de los caminos necesarios para la intervención social y los cambios en las actitudes relacionadas con el cambio climático.

Palabras-clave: Actitudes. Cambio climático. Psicología del cambio climático. Psicología ambiental.

Introdução

As mudanças climáticas consistem em transformações ao longo do tempo no sistema climático da Terra, podendo ser naturais, ou resultantes de atividades humanas, como o aquecimento global provocado pela queima de combustíveis fósseis e desmatamentos (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, IPCC 2021). De modo geral, as alterações climáticas decorrentes da apropriação, consumo e destruição ambiental, geram transformações tanto nos ecossistemas, como nas dinâmicas socioculturais, implicando conflitos, instabilidades sociais (Ulloa 2008) e consequências psicossociais para indivíduos e grupos (Álvarez-Nieto *et al.* 2022a; Paavola 2017).

As alterações nos ecossistemas decorrentes do aumento da temperatura global têm sido evidenciadas pelas variações nas estações de chuva e ventos, aumento da frequência de incêndios, intensificação dos processos de degelo e desertificação, gerando impactos subsequentes na diversidade de espécies e nos possíveis acessos a elas, além das alterações nas rotas dos animais migratórios (Ulloa 2008). Até o final do atual século, as dinâmicas socioculturais podem assumir aspectos distintos, devido ao aumento nos níveis do mar, desastres ambientais recorrentes e escassez de alimentos e água (Connel e Pearse 2015), além do aumento de doenças, como malária, dengue e febre amarela (Ulloa 2008). Os eventos catastróficos do clima na América Latina têm afetado de modo mais intenso agricultoras/es, afrodescendentes e povos originários¹ que vivem em territórios rurais, por exemplo (Ulloa 2008).

O estudo desenvolvido por Grant and Case (2022) destacou impactos psicossociais relacionados à mudança climática em jovens e adultos envolvidos em programas de estudo ambiental, que foram expostos a experiências diretas de mudanças climáticas e à educação ambiental. Esses impactos incluíram eco-ansiedade – ligada ao medo e preocupação com as mudanças climáticas; eco-luto – relacionado à perda ecológica (destruição de habitats, extinção de espécies); estresse e ansiedade relativos à conscientização dos impactos socioambientais; depressão devido à sensação de impotência para lidar com os desafios ambientais e falta de ação adequada para enfrentar a crise; deslocamento e migração forçada devido a eventos climáticos extremos (Grant and Case 2022).

Nesse contexto, a pesquisa nas interfaces entre Psicologia e Mudanças Climáticas pode contribuir para a compreensão das percepções dos indivíduos sobre os riscos decorrentes das alterações do clima, os impactos psicossociais das mudanças climáticas, os modos pelos quais os indivíduos podem lidar com essas mudanças, bem como as barreiras psicológicas que podem apresentar limitações para ações climáticas (APA 2009). Além disso, Fielding *et al.* (2014) evidenciaram que a Psicologia Social em específico apresenta fundamentos teórico-metodológicos relevantes para abordar questões-chave no que se refere às mudanças climáticas, em especial no estudo das atitudes.

Apesar da diversidade conceitual referente a atitudes existentes na literatura, Pato e Higuchi (2018) destacam dois modelos atitudinais – o unidimensional e o tridimensional. No modelo tridimensional, as atitudes envolvem três componentes: a) cognitivo; b) afetivo e c) comportamental (Pato e Higuchi 2018). Segundo as autoras, neste modelo, as crenças são partes integrantes das atitudes constituindo de modo mais específico a sua dimensão cognitiva. Por outro lado, de acordo com o modelo unidimensional, as atitudes diferenciam-se das crenças, e correspondem ao componente afetivo-emocional, envolvendo

¹ Particularmente para os povos originários, os efeitos climáticos extremos não apenas geram impactos negativos nos processos de produção agrícola ameaçando à segurança alimentar, mas também tornam-se mais evidentes devido: a) às inter-relações desses povos com a natureza; b) fragilidades, biodiversidade e endemismo de vários ecossistemas onde residem, bem como, c) deslocamentos forçados, perda de territórios, violências e falta de reconhecimento dos seus direitos (ULLOA, 2008).

sentimentos favoráveis ou desfavoráveis relacionados a determinado objeto atitudinal (Hernández *et al.* 2018).

Para Carvalho (2012), por exemplo, as atitudes exercem influência sobre as decisões e posicionamentos das pessoas, porém não possuem uma relação direta de causa e efeito com o comportamento. Ainda de acordo com a autora, os comportamentos consistem em ações observáveis que podem ou não estar alinhados com as atitudes, uma vez que as pessoas podem agir de forma inconsistente com as suas atitudes. Os comportamentos humanos são influenciados por vários fatores, de modo que uma pessoa pode ter atitudes ecológicas, mas manter hábitos e comportamentos que não estão totalmente em conformidade com esses ideais (Carvalho 2012). Já Pimentel *et al.* (2023) define atitudes como uma avaliação frente a um objeto psicológico, podendo esta ser positiva ou negativa.

De acordo com Fielding *et al.* (2014), reconhecer os fundamentos afetivos e cognitivos das atitudes relativas às mudanças climáticas é uma direção de pesquisas relevante, uma vez que níveis elevados de riscos associados às mudanças do clima implicam que estas podem gerar respostas emocionais fortes. Adicionalmente, estudos anteriores demonstraram a relevância desse construto no estudo de outros temas da Psicologia Ambiental, como a reciclagem (e.g. Padilla and Trujillo 2018) e a economia de água (Si *et al.* 2022).

Conforme os relatórios apresentados pelo Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas (IPCC 2022), o Brasil figura dentre os países de maior vulnerabilidade climática, sendo a região Nordeste uma das mais afetadas pelos efeitos adversos das mudanças climáticas. De acordo com Padovezi, Oliveira e Jacob (2018), com uma elevação de aproximadamente 2°C na temperatura no semiárido nordestino, é provável que ocorra redução das chuvas, dificuldade/falta de acesso à água potável, perda da produção agrícola, aumento de enfermidades e migrações em decorrências das alterações do clima. Diante disso, estudar a relação entre atitudes e mudanças climáticas pode contribuir com a compreensão dos fatores motivacionais que impulsionam ações climáticas individuais e coletivas, promoção de comportamentos pró-climáticos, engajamento do público, embasamento para a formulação de políticas públicas e avaliação dos impactos de iniciativas relacionadas às mudanças do clima.

É nesse sentido que o objetivo deste texto consistiu em investigar como as atitudes em relação às mudanças climáticas estão sendo abordadas em publicações científicas sobre a temática. Para tanto, realizamos uma revisão sistemática da literatura, buscando identificar quais são as áreas científicas que vêm desenvolvendo estudos dessa natureza, os países envolvidos em pesquisas relacionadas a essa temática, os principais periódicos de publicações desses estudos, bem como os termos de maior ocorrência nos trabalhos e as relações estabelecidas entre eles, evidenciando os principais temas discutidos.

Material e Métodos

Para realização da revisão sistemática da literatura, optou-se pela base de dados *Scopus*. A escolha desse banco de dados justifica-se pelo fato desta plataforma agregar uma das maiores quantidades de estudos científicos do mundo, além destes serem previamente revistados por outros pesquisadores (Elsevier 2022). No Quadro 1 encontra-se descrito o protocolo de pesquisa utilizado.

Quadro 1. Protocolo de pesquisa: descritores e critérios de seleção do banco de dados da pesquisa.

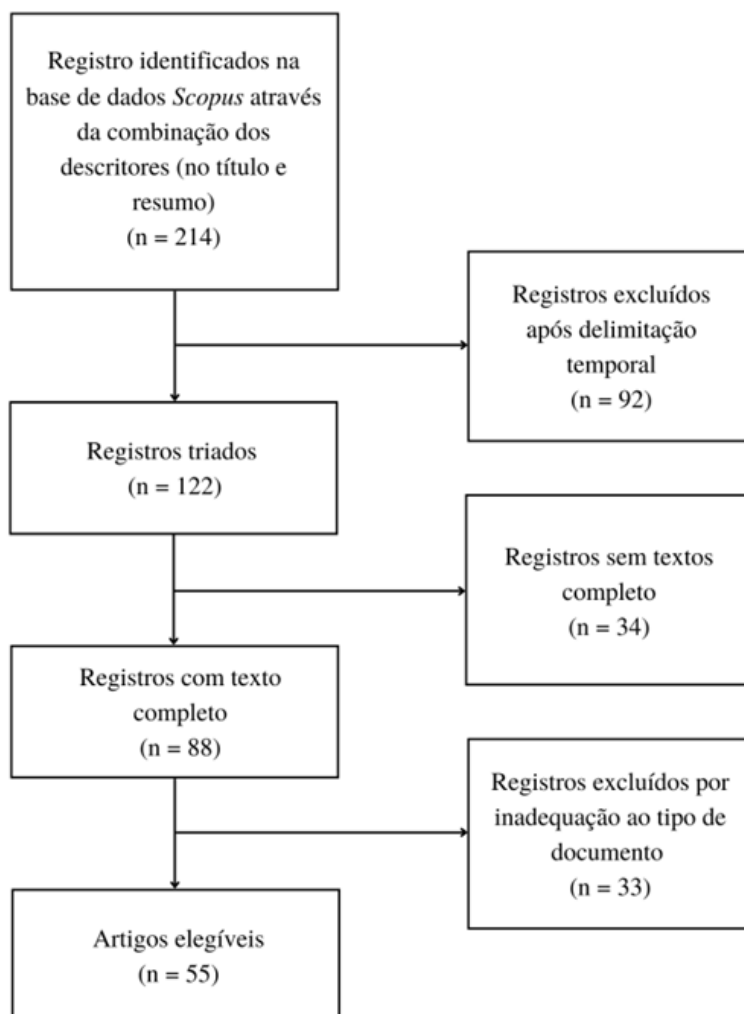
Termos de busca	TITLE (“attitudes” AND “climate change”) AND ABS (“attitudes” AND “climate change”) AND (LIMIT-TO (OA , “all”)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , “ar”)) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022)) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , “English”) OR LIMIT-TO (LANGUAGE , “Portuguese”))
Base de dados	<i>Scopus</i>
Delimitação Temporal	Últimos cinco anos (2018-2022)
Última busca na base de dados	Outubro de 2022
Crítérios de inclusão	a. artigos contendo no título e resumo os descritores “attitudes” (“atitudes) e “climate change (“mudanças climáticas”) nas suas versões em inglês ou português; b. artigos publicados nos últimos cinco anos (2018 a 2022); c. artigos de acesso aberto - disponíveis <i>on-line</i> para acesso completo.
Crítérios de exclusão	a. artigos sem acesso aberto; b. artigos publicados fora do intervalo de tempo delimitado (2018 a 2022); c. Artigos de revisão, capítulos de livros, <i>data papers</i> , dentre outros tipos de documentos não correspondentes a artigos.
Tipo de documento	Artigos
Quantidade de artigos encontrados	55
Análise dos dados selecionados	<i>Microsoft Excel; Software VOSviewer; Síntese qualitativa</i>

Para o levantamento de trabalhos foram utilizados os descritores “attitudes” AND “climate change” contidos no título e no resumo em suas versões inglês e português. A escolha e combinação dos descritores ocorreu de modo a aproximar os resultados encontrados ao objetivo do trabalho, uma vez que outras combinações resultaram tanto em nenhum trabalho (e.g. “attitudes” AND “climate change” AND “psychology” OR “mental health” com delimitação do conteúdo textual - título e resumo) como em um extenso volume de trabalhos que não se relacionavam diretamente ao nosso foco de estudo (e.g. “attitudes” AND “climate change” AND “psychology” OR “mental health”; e “attitudes” AND “climate change”, sem delimitação do conteúdo textual).

Conforme exposto no Tabela 1, a última busca na base de dados foi efetuada no mês de outubro de 2022. No intuito de verificar os temas mais recentes de pesquisas e suas respectivas áreas, delimitou-se o recorte temporal de artigos publicados no período de 2018 a 2022, sem restrição das áreas de conhecimento, considerando ainda que mais de 50% das produções totais encontradas estavam concentradas nos últimos cinco anos. Sumariamente, o foco da busca foram artigos em inglês ou português que tratassem do tema atitudes frente às mudanças climáticas e tópicos relacionados.

Em seguida, foram realizadas leituras dos resumos e excluídos 34 trabalhos que não estavam disponíveis *on-line* para acesso completo, uma vez que foi necessário em alguns casos a leitura na íntegra para compreender aspectos mais específicos do texto. Além disso, foram excluídos outros tipos de documentos (e.g. capítulos de livros, resenhas, artigos de revisão), restando apenas os correspondentes a artigos. Na Figura 1 é possível verificar as etapas de seleção/exclusão dos trabalhos encontrados.

Figura 1. Fluxograma elaborado a partir dos critérios de inclusão/exclusão.



A amostra final foi explorada através de uma análise bibliométrica, efetuada através de indicadores quantitativos e qualitativos. Para a investigação quantitativa, foi utilizado o programa *Microsoft Office Excel*, com a construção de gráficos que explanassem os dados resultantes da busca, tais como número de publicações por ano, distribuição geográfica das publicações e principais áreas de publicação. Já para a análise qualitativa, foi utilizado o *software VOSviewer*, especificamente com a elaboração de redes bibliométricas de coocorrência de termos, objetivando mapear os termos presentes nos títulos e resumos dos artigos e suas coocorrências nos textos selecionados, verificando os termos mais frequentes e os conjuntos formados.

Resultados e Discussão

Número de publicações por ano

Com relação ao volume de publicação dos artigos, nota-se um aumento no decorrer dos últimos cinco anos, conforme é possível verificar na faixa temporal dos artigos disposta na Figura 2. Destaca-se que o primeiro artigo disponível para acesso aberto na *Scopus* foi publicado em 2001, passando aproximadamente uma década sem publicação nesse formato sobre a temática. No nosso recorte temporal, que corresponde a mais de 70% dos artigos publicados, o ápice de publicações aconteceu em 2020, ultrapassando o dobro de documentos em relação ao ano anterior, com um total de 17 artigos. É provável que este pico esteja relacionado ao contexto da pandemia da COVID-19, onde temas ligados às emergências socioambientais tornaram-se ainda mais evidentes, tais como, degradação ambiental, crise climática, negacionismo climático, movimentos antivacinas, dentre outros.

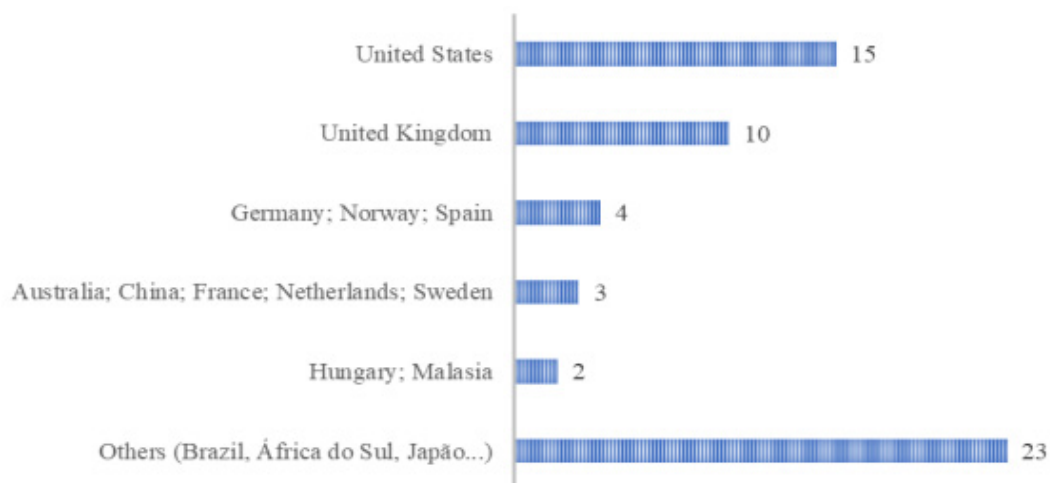
Figura 2. Faixa temporal do volume dos artigos com destaque ao período de 2018 a 2022.



Distribuição geográfica das publicações

Quanto aos países com mais registros de publicação no recorte temporal evidenciado, é possível notar que os Estados Unidos (15 artigos) e o Reino Unido (10 artigos) apresentaram a maior quantidade de artigos publicados referentes ao tema em questão, conforme disposto na Figura 3. Cabe destacar que cada artigo pode ser contabilizado diversas vezes, uma única vez para cada país que autoras/es representam. A categoria *Others* inclui os demais países que apresentaram apenas uma publicação nos últimos cinco anos, dentre estes, África do Sul, Japão e Brasil (com o único documento disponível no idioma “português” da amostra selecionada).

Figura 3. Quantidade de estudos por países/territórios das amostras.

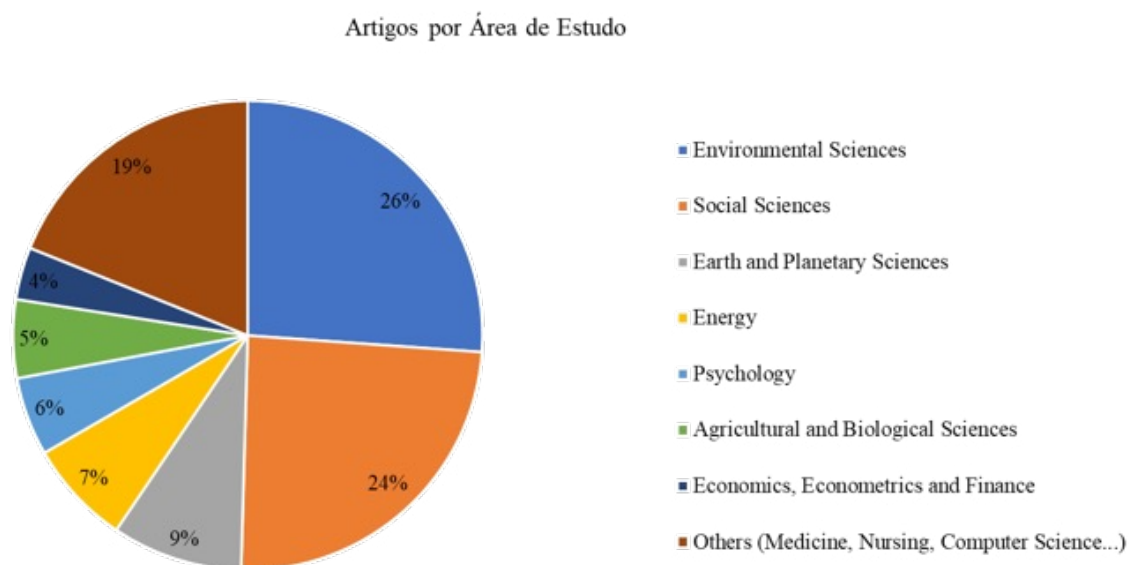


Publicações por área científica entre 2018 a 2022

A classificação dos artigos por área de estudo ocorreu conforme a análise dos resultados gerada pela própria base de dados *Scopus*. Destaca-se que um mesmo artigo pode estar incluído em mais de uma área científica. Conforme a Figura 4, os artigos publicados que versam sobre as atitudes em relação às mudanças climáticas, encontram-se, em sua maioria, nas áreas de Ciências Ambientais (26%) e Ciências Sociais (24%), concentrando 50% das publicações nos últimos cinco anos.

A área correspondente às Ciências da Terra e Planetárias apresentaram 9% da produção, seguida pela área de Energia, que abarca 7% das publicações, e pela área da Psicologia apresentando 6% dos artigos publicados sobre o tema em foco. Esses dados demonstram a necessidade de uma atenção maior ao tema dentro dos periódicos focados na ciência psicológica. Demais áreas como Ciências Agrícolas e Biológicas, bem como Economia, Econometria e Finanças, corresponderam a 5% e 4% da amostra, respectivamente.

Figura 4. Publicações por área de estudo entre 2018 e 2022.



Principais periódicos de publicação no período delimitado

A Tabela 1 apresenta os principais periódicos científicos, assim como o número de estudos publicados em cada um deles sobre a temática em discussão. Os periódicos com maior volume de publicação entre 2018 e 2022, encontram-se ligados às áreas de Ciências Ambientais (e.g. *Climatic change*) e/ou Ciências Sociais (e.g. *Sustainability*), Ciências da Terra e Planetárias (e.g. *Climate*), e Psicologia (e.g. *Journal Of Environmental Psychology*). A categoria *Others* inclui periódicos que exibiram apenas uma publicação ao longo do período de tempo delimitado (e.g. *Environmental Politics* e *BMC Medical Education*).

Destaca-se ainda que um mesmo periódico pode se enquadrar em mais de uma área temática, por exemplo, o periódico *Sustainability* que engloba estudos classificados nas áreas de Ciências Ambientais, Ciências Sociais e Energia simultaneamente (e.g. Bro, 2020; Park, 2020). Assim, como os periódicos possuem várias áreas de classificação, considerou-se aquelas referentes aos artigos publicados.

Tabela 1. Principais periódicos de publicação.

Periódico	N estudos por periódico	% por periódico
<i>Climatic change</i> <i>Sustainability Switzerland</i>	6	10,9
<i>Climate</i> <i>Journal Of Environmental Psychology</i> <i>Global Environmental Change</i>	2	3,6
Outras (<i>Environmental Politcs, BMC Medical Education, Nurse Education Today, Psyecology...</i>)	37	67,2
Total	55	100,00

Análise de Coocorrências

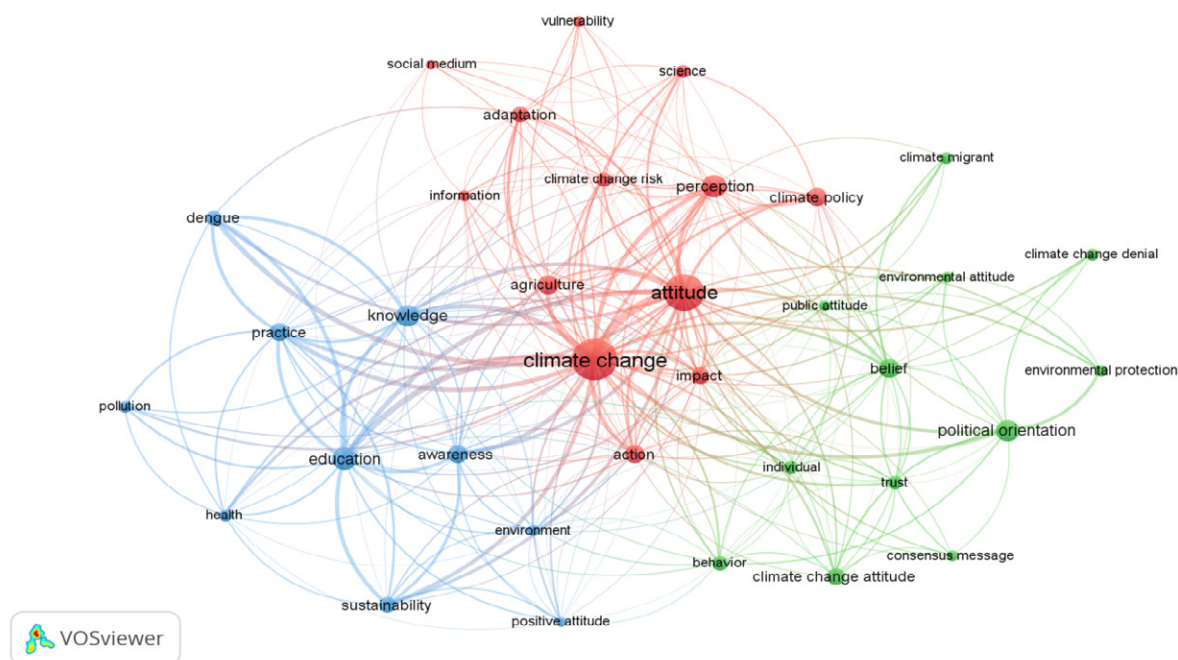
Finalmente, foi elaborado um mapa de coocorrência de termos com base nos dados textuais presentes nos títulos e resumos dos artigos selecionados, no intuito de verificar quais foram os termos de maior ocorrência nos últimos cinco anos de publicação (2018 a 2022) no que concerne a temática “atitudes e mudanças climáticas”, e como estes termos encontravam-se relacionados entre si. Do total de 1652 termos, 35 foram mencionados no mínimo cinco vezes e integram a rede disposta na Figura 5.

O mapa de coocorrência foi composto por 38 nós, organizados em três *clusters* – vermelho, verde e azul. De modo geral, a relação entre os termos é determinada conforme a quantidade de artigos nos quais eles ocorrem conjuntamente; assim, a partir da frequência com a qual os termos são reproduzidos nos textos, é possível gerar uma lista ordenada dos termos predominantes, indicando temáticas centrais de determinado conjunto de documentos (Machado Júnior *et al.* 2016). O tamanho de cada nó sinaliza a frequência de ocorrência de determinado termo e quanto maior for a proximidade entre os nós, mais forte é a relação entre eles (Aragão Júnior e Oliveira Júnior, 2021). Assim, os *clusters* refletem os termos mais frequentes sinalizando as temáticas abordadas nos artigos selecionados.

Por exemplo, no *cluster* vermelho, os termos “*climate change*” (mudanças climáticas) e “*attitude*” (atitude) aparecem em destaque no centro do grafo, apresentando círculos/nós maiores e constituindo

núcleos de ligações para os demais termos, sinalizando a temática central dos artigos selecionados – o que pode ser justificado pelo fato de serem os descritores utilizados para a composição da amostra em análise.

Figura 5. Grafo de termos presentes nos títulos e resumos da amostra.



A partir da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave, verificou-se que os termos de maior frequência em cada *cluster* refletiam objetivos em comum apresentados pelos artigos. Dessa maneira, a amostra foi agrupada em cinco categorias principais: a) percepção e atitudes relacionadas às mudanças do clima; b) atitudes em relação às mudanças do clima no contexto da agricultura; c) orientação política e atitudes em relação às mudanças climáticas; d) crenças e atitudes referentes às mudanças climáticas; e, e) atitudes em relação às mudanças climáticas no âmbito da educação (Tabela 2).

Vale ressaltar que as categorias foram elaboradas com fins didático-explanatórios não são excludentes e encontram-se intimamente relacionadas, de modo que um artigo pode participar de várias categorias simultaneamente.

Tabela 2. Categorização das temáticas elaboradas a partir de objetivos comuns dos artigos selecionados.

Categoria	Autoria/Ano
a) Percepção e atitudes relacionadas às mudanças do clima	(Sivonen 2022; Peres <i>et al.</i> 2020; Lee <i>et al.</i> 2022; Douenne and Fabre 2020; Dube and Nhamo 2020; Jellason <i>et al.</i> 2019; Brobakk 2018; Akhtar, <i>et al.</i> 2018; Jankó <i>et al.</i> , 2018)
b) Atitudes em relação às mudanças do clima no contexto da agricultura	(Musara <i>et al.</i> 2021; Bro 2020; Jellason <i>et al.</i> 2019; Brobakk 2018; Akhtar, <i>et al.</i> 2018; Gareau <i>et al.</i> 2018)

c) Orientação política e atitudes em relação às mudanças climáticas	(Smith and Hempel 2022; Fisher <i>et al.</i> 2022; Jylhä and Hellmer 2020; Huber 2020; Smith and Mayer 2019; Gullberg and Aardal 2019; Kousser and Tranter 2018; Bouisset <i>et al.</i> 2018)
d) Crenças e atitudes referentes às mudanças climáticas	(Kácha <i>et al.</i> 2022; Yates <i>et al.</i> 2022; Chinn and Hart 2021; Shin and Preston 2021; Lewandowsky <i>et al.</i> 2019)
e) Atitudes em relação às mudanças climáticas no âmbito da educação	(Álvarez-Nieto <i>et al.</i> 2022a; Álvarez-Nieto <i>et al.</i> 2022b; Lee <i>et al.</i> 2022; Ryan <i>et al.</i> 2020; Zhang <i>et al.</i> 2022; Harrod and Rolland 2021; Von Storch 2019)

O *cluster* vermelho contendo 13 itens, indica que, além de “*climate change*” e “*attitude*”, *perception* (percepção) e *agriculture* (agricultura) são os termos com maior frequência de ocorrência e fortemente relacionados com a temática central e entre si. O termo *perception* reflete estudos agrupados na categoria percepção e atitudes relacionadas às mudanças climáticas. Por exemplo, o estudo de Dube e Nhamo (2020) documentou percepções e atitudes de turistas em relação aos impactos e ao futuro do Patrimônio Mundial das Cataratas Vitória, situada na fronteira entre Zâmbia e Zimbábue. Já o trabalho de Diouf (2020) analisou como os pescadores percebem as mudanças climáticas e suas atitudes relacionadas aos efeitos e eventos extremos do clima.

Nesta categoria encontra-se ainda o único artigo no idioma *português* publicado por Peres *et al.* (2020), onde buscou-se analisar percepções, conhecimentos e atitudes que gestores públicos ambientais apresentavam sobre os efeitos das mudanças do clima na zona costeira do estado de São Paulo, avaliando ainda os tipos de informações que possuíam e utilizavam para elaborar planos de adaptação. O estudo evidenciou que gestores ambientais documentaram níveis de preocupação crescentes relacionados aos impactos provocados pelas mudanças climáticas, sinalizando a ausência de políticas públicas direcionadas à mitigação ou adaptação dos impactos previstos.

O termo *agriculture* (agricultura) sugere estudos que integram a categoria atitudes em relação às mudanças do clima no contexto da agricultura, tais como, os desenvolvidos por Gareau *et al.* (2018) no intuito de avaliar atitudes de produtores de oxicoco de Massachusetts em relação às mudanças do clima; e Baba *et al.* (2021) que versou sobre os impactos das mudanças climáticas, a percepção de risco e as mudanças de atitudes em relação às políticas de adaptação climática no setor agrícola. Outros trabalhos como os realizados por Jellason *et al.* (2019), Brobakk (2018) e Akhtar *et al.* (2018) buscaram analisar percepções e atitudes de agricultores relacionadas à mitigação e/ou adaptação das mudanças climáticas em diferentes contextos de vulnerabilidade.

Entre os 12 itens que compõem o *cluster* verde destacam-se *political orientation* (orientação política), *belief* (crença) e *climate change attitude* (atitude de mudança climática) como os termos mais frequentes. Essas ocorrências evidenciam estudos concentrados nas categorias orientação política e atitudes em relação às mudanças climáticas – por exemplo, Jylhä and Hellmer (2020) que explanaram sobre a possível correlação entre negacionismo climático e variáveis psicológicas ligadas ao populismo de direita; e Huber (2020) que avaliou a relação entre populismo, ceticismo climático e apoio à proteção ambiental; e crenças e atitudes referentes às mudanças climáticas – por exemplo, Yates *et al.* (2022) que exploraram como crenças sobre as mudanças climáticas antropogênicas,

justiça climática e responsabilidade global poderiam contribuir para atitudes públicas relacionadas aos migrantes climáticos.

Finalmente, no *cluster* azul encontram-se reunidos 10 itens, que indicam a relação entre educação (*education*), conhecimento (*knowledge*), consciência (*awareness*) e prática (*practice*), refletindo alguns estudos agrupados na seguinte categoria: atitudes em relação às mudanças climáticas no âmbito da educação. Tais estudos buscaram investigar atitudes de estudantes de enfermagem sobre mudanças do clima e sustentabilidade (Álvarez-Nieto *et al.* 2022a), determinar os fatores relacionados às atitudes e conhecimentos de estudantes universitários sobre as mudanças climáticas antropogênicas (Harrod and Rolland 2021), bem como avaliar conhecimentos e atitudes de estudantes de diversas áreas da saúde (enfermagem, medicina) sobre mudanças climáticas, poluição dos setores de saúde e responsabilidade pela conservação de recursos durante a prática profissional (Ryan *et al.* 2020).

As atitudes frente às mudanças do clima têm implicações nas ações e estratégias de enfrentamento dessas mudanças. Por exemplo, barreiras psicológicas (considerar que tais mudanças são desnecessárias, falta de conhecimento, relacionamentos interpessoais) podem influenciar a associação entre atitudes e ações climáticas. Nesse contexto, diferenças individuais nas respostas atitudinais ante às mudanças climáticas podem contribuir para as crenças e preocupações sobre o tema, por exemplo, políticos e eleitores populistas de direita tendem a rejeitar as mudanças do clima (Jylha and Hellmer 2020). As atitudes do público em relação ao risco da mudança climática, incluindo negação, preocupação e reconhecimento sem (direto) apoio à ação, estão associadas a características sociais e podem influenciar a participação nos esforços de adaptação e mitigação das mudanças climáticas (Liu *et al.* 2022).

Em nível coletivo, quando os líderes políticos se unem nas políticas ambientais a polarização partidária massificada pode ser ultrapassada, aproximando aqueles que os seguem influenciando atitudes sobre as alterações climáticas (Kousser and Bruce 2018). O reconhecimento das crenças e atitudes relacionadas às mudanças climáticas, bem como as suas relações com os valores humanos motivacionais, constitui um caminho para conceber políticas públicas com mais precisão e eficácia direcionadas às mudanças de hábitos e aumento de investimento na consciência ambiental (Dias *et al.* 2020).

Em suma, os resultados sintetizados na Figura 5 destacaram: a) a importância da percepção e crenças relacionadas às mudanças climáticas, uma vez que a percepção das pessoas sobre os riscos e impactos das mudanças climáticas pode influenciar suas atitudes e comportamentos em relação a esse tema (Sivonen, 2022; Kácha *et al.* 2022); b) a influência de fatores sociais e políticos nas atitudes em relação às mudanças climáticas, pois a orientação política, as crenças e os valores das pessoas podem afetar suas atitudes ambientais em relação às mudanças climáticas (Jylla and Hellmer, 2020; Huber, 2020); c) a importância da educação e da informação na (trans)formação de atitudes em relação às mudanças climáticas, constituindo um caminho necessário de intervenção social e ambiental, através da integração de conhecimentos e temas ligados à sustentabilidade nos currículos profissionais como uma ação fundamental para promover a conscientização e mudar atitudes e práticas relacionadas às alterações do clima (Álvarez-Nieto *et al.* 2022a; 2022b).

Diante disso, considerar os aspectos psicossociais no contexto das atitudes em relação às mudanças climáticas faz-se relevante pois esses aspectos influenciam diretamente a forma como as pessoas percebem, compreendem e respondem às questões relacionadas ao clima. Estudos desenvolvidos no âmbito da Psicologia têm evidenciado impactos na saúde mental gerados pelas mudanças climáticas, tais como, estresse, ansiedade e depressão (Beth and Grant, 2022) e contribuído para a compreensão de

crenças e valores subjacentes às atitudes favoráveis ou desfavoráveis relacionadas a essa problemática global (Dias *et al.* 2020). Além disso, a compreensão dos aspectos psicossociais pode apresentar subsídios para a promoção da saúde mental da população afetada pelos impactos climáticos adversos, bem como para a mudança de atitudes relacionadas às pautas climáticas.

Por fim, destaca-se que a descrição das atitudes sobre as mudanças climáticas são um importante foco na literatura tanto referente às mudanças do clima, quanto nos meios midiáticos (Fielding *et al.* 2014). Salienta-se ainda que os dados apresentados e discutidos no decorrer deste texto dialogam com as tendências de pesquisa elencadas por Fielding *et al.* (2014) em sua revisão da literatura sobre atitudes e mudanças climáticas (realizada de 1996 a 2009), tais como, o papel da força e da ambivalência atitudinal, as distinções entre atitudes explícitas e implícitas, e os fundamentos cognitivos e afetivos das atitudes relacionadas às mudanças climáticas.

Considerações Finais

O presente estudo objetivou investigar como as atitudes em relação às mudanças climáticas vêm sendo abordadas, por meio de uma revisão sistemática com análise bibliométrica da literatura. Esse objetivo foi cumprido: destaca-se o volume de publicações por ano, as principais áreas, revistas científicas e países do globo que apresentaram publicações de estudos versando sobre esse tema no período delimitado (2018 a 2022). Além disso, evidenciou-se os termos de maior ocorrência e as relações estabelecidas entre eles, bem como as temáticas principais abordadas na amostra selecionada.

Apesar do estudo buscar contribuir com o campo da Psicologia Ambiental, ainda pouco explorado no contexto brasileiro, este não está livre de limitações, tais como, a delimitação temporal, os descritores utilizados - é provável que outras combinações ampliassem o *corpus* da amostra, a realização da busca em apenas uma base de dados, as vias escolhidas para a sistematização dos resultados, dentre outras. Contudo, os resultados apresentados podem ser um ponto de partida para a realização de estudos empíricos acerca do tema no contexto brasileiro, considerando a escassez de pesquisas na realidade nacional.

Assim, espera-se que as discussões aqui apresentadas possam contribuir com a área de Psicologia das Mudanças Climáticas no contexto (inter)nacional a partir de um panorama do que foi publicado sobre essa temática no intervalo de tempo delimitado, subsidiando outros estudos e pesquisas sobre o tema das atitudes e mudanças climáticas, principalmente direcionados ao âmbito educacional (e.g. desenvolvimento de intervenções que busquem promover atitudes pró-ambientais/climáticas).

Participação dos autores: Todos os autores participaram efetivamente da conceitualização, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, validação, visualização, redação - rascunho original, redação - revisão e edição

Aprovação ética: não se aplica.

Disponibilidade dos dados: os dados não estarão disponibilizados em bases de dados ou repositórios.

Fomento: não se aplica.

Conflito de Interesses: os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

- Akhtar R, Afroz R, Masud M, Rahman M, Khalid H, Duasa, JB. 2018. Farmers' perceptions, awareness, attitudes and adaptation behavior towards climate change. *Journal of the Asia Pacific Economy* 23(2): 246-262. doi: <https://doi.org/10.1080/13547860.2018.1442149>
- Álvarez-Nieto C, Richardson J, Navarro-Perán MA, Tutticci N, Huss N, Elf M, Anáker A, Aronsson J, Baid H, López-Medina IM. 2022a. Nursing students' attitudes towards climate change and sustainability: A cross-sectional multisite study. *Nurse Education Today* 108: 105185. doi: 10.1016/j.nedt.2021.105185
- Álvarez-Nieto C, Álvarez-García C, Parra-Anguila L, Sanz-Martos S, López-Medina IM. 2022b. Effectiveness of scenario-based learning and augmented reality for nursing students' attitudes and awareness toward climate change and sustainability. *BMC Nursing* 21(1): 1-9. doi: <https://doi.org/10.1186/s12912-022-01023-9>
- American Psychological Association - APA. 2009. *Psychology and Global Climate Change: Addressing a Multi-Faceted Phenomenon and Set of Challenges*. <https://www.apa.org/science/about/publications/climate-change-booklet.pdf>
- Aragão Júnior WR, Oliveira Júnior AI. 2021. Internet das coisas na gestão de resíduos sólidos: revisão sistemática com análise bibliométrica da literatura. *Journal of Environmental Analysis and Progress* 6(3): 194-209. doi: <https://doi.org/10.24221/jeap.6.3.2021.4245.194-209>
- Baba K, Amanuma E, Kosugi M. 2021. Attitude Changes of Stakeholders towards Climate Change Adaptation Policies in Agricultural Sector by Online Deliberation. *Climate* 9(5): 75. doi: <https://doi.org/10.3390/cli9050075>
- Balžekienė A, Budžytė A. 2021. The Role of Environmental Attitudes in Explaining Public Perceptions of Climate Change and Renewable Energy Technologies in Lithuania. *Sustainability* 13(8): 4376. doi: <https://doi.org/10.3390/su13084376>
- Bodor Á, Varjú V, Grünhut Z. 2020. The effect of trust on the various dimensions of climate change attitudes. *Sustainability* 12(23): 10200. doi: <https://doi.org/10.3390/su122310200>
- Bouisset C, Clarimont S, Degremont I. 2018. Climate change and vulnerability in local areas: Attitudes to evolving risks and adaptation in two Pyrenean Valleys. *Journal of Alpine Research Revue de géographie alpine* 106(3). doi: <https://doi.org/10.4000/rga.4902>
- Božić L. 2021. Attitudes towards climate change and electric car purchase—the case of European consumers. *Market/Trziste* 33: 81-94. doi: <https://doi.org/10.22598/mt/2021.33.spec-issue.81>
- Bro AS. 2020. Climate change adaptation, food security, and attitudes toward risk among smallholder coffee farmers in Nicaragua. *Sustainability* 12(17): 6946. doi: <https://doi.org/10.3390/su12176946>
- Brobakk J. 2018. A climate for change? Norwegian farmers' attitudes to climate change and climate policy. *World Political Science* 14(1): 55-79. doi: <https://doi.org/10.1515/wps-2018-0003>
- Carvalho ICM. 2017. Atitude, comportamento e ação política: elementos para pensar a formação ecológica. IN: *Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico*. Cortez Editora, 256 p.
- Chinn S., Hart, PS. 2021. Effects of consensus messages and political ideology on climate change attitudes: inconsistent findings and the effect of a pretest. *Climatic Change* 167: 47. doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03200-2>
- Cruz SM. 2019. Lateral attitude change on environmental issues: implications for the climate change debate. *Climatic Change* 156(1-2): 151-169. doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02474-x>
- Dee SG, Nabizadeh E, Nittrouer CL, Baldwin JW, Li C, Gaviria L, Samarth G, Weinberger, KR. 2022. Increasing health risks during outdoor sports due to climate change in Texas: Projections versus attitudes. *GeoHealth* 6(8): e2022GH000595. doi: <https://doi.org/10.1029/2022GH000595>

- Dias N, Vidal D, Sousa H, Dinis M, Leite Â. 2020. Exploring associations between attitudes towards climate change and motivational human values. *Climate* 8(11): 135. doi: <https://doi.org/10.3390/cli8110135>
- Diouf NS, Ouedraogo I, Zougmore RB, Niang M. 2020. Fishers' perceptions and attitudes toward weather and climate information services for climate change adaptation in Senegal. *Sustainability* 12(22): 9465. doi: <https://doi.org/10.3390/su12229465>
- Douenne T, Fabre A. 2020. French attitudes on climate change, carbon taxation and other climate policies. *Ecological Economics* 169: 106496. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106496>
- Dube K, Nhamo G. 2020. Tourist perceptions and attitudes regarding the impacts of climate change on Victoria Falls. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series* 47(47): 27-44. doi: <https://doi.org/10.2478/bog-2020-0002>
- Fielding KS, Hornsey MJ, Swim JK. 2014. Developing a social psychology of climate change. *European Journal of Social Psychology* 44 (5): 413-420. doi: <https://doi.org/10.1002/ejsp.2058>
- Fisher S, Kenny J, Poortinga W, Böhm G, Steg L. 2022. The politicisation of climate change attitudes in Europe. *Electoral Studies* 79: 102499. doi: <https://doi.org/10.1016/j.electstud.2022.102499>
- Gardezi M, Arbuckle JG. 2020. Techno-optimism and farmers' attitudes toward climate change adaptation. *Environment and Behavior* 52(1): 82-105. doi: <https://doi.org/10.1177/0013916518793482>
- Gareau B, Huang X, Pisani Gareau T, DiDonato S. 2020. The strength of green ties: Massachusetts cranberry grower social networks and effects on climate change attitudes and action. *Climatic change* 162(3): 1613-1636. doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02808-0>
- Gareau B, Huang X, Gareau TP. 2018. Social and ecological conditions of cranberry production and climate change attitudes in New England. *PLoS One* 13(12): e0207237. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207237>
- Gao Y, d'Adda G, Tavoni M. 2019. Adopting LEDs changes attitudes towards climate change: experimental evidence from China. *Environmental Research Letters* 14(8): 084018. doi: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab1499>
- Gullberg AT, Aardal B. 2019. Is climate change mitigation compatible with environmental protection? Exploring voter attitudes as expressed through "old" and "new" politics in Norway. *Environmental Policy and Governance* 29(1): 67-80. doi: <https://doi.org/10.1002/eet.1844>
- Harrod SE, Rolland V. 2021. Factors Associated with Attitudes and Knowledge of First-Semester College Students toward Helbling Climate Change. *BioScience* 71(4): 415-425. doi: <https://doi.org/10.1093/biosci/biaa151>
- Helbling M. 2020. Attitudes towards climate change migrants. *Climatic Change* 160(1): 89-102. doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02697-3>
- Huber RA. 2020. The role of populist attitudes in explaining climate change skepticism and support for environmental protection. *Environmental Politics* 29(6): 959-982. doi: <https://doi.org/10.1080/09644016.2019.1708186>
- IPCC – The Intergovernmental Panel on Climate Change. Sexto Relatório de Avaliação (AR6-WGI). 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/> Acesso em: 13 out. 2022
- IPCC – The Intergovernmental Panel on Climate Change. Sexto Relatório de Avaliação (AR6-WGII). 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/> Acesso em: 21 mar. 2023
- Jankó F, Bertalan L., Hoschek M., Komornoki K., Németh N., Papp-Vancsó J. 2018. Perception, understanding, and action: attitudes of climate change in the Hungarian population. *Hungarian Geographical Bulletin* 67(2): 159-171. doi: <https://doi.org/10.15201/hungeobull.67.2.4>
- Jellason N, Baines R, Conway J, Ogbaga CC. 2019. Climate change perceptions and attitudes to smallholder adaptation in Northwestern Nigerian Drylands. *Social Sciences* 8(2): 31. doi: <https://doi.org/10.3390/socsci8020031>

- Jylhä K, Hellmer K. 2020. Right-wing populism and climate change denial: The roles of exclusionary and anti-egalitarian preferences, conservative ideology, and antiestablishment attitudes. *Analyses of Social Issues and Public Policy* 20(1): 315-335. doi: <https://doi.org/10.1111/asap.12203>
- Kácha O, Vintř J, Brick C. 2022. Four Europes: Climate change beliefs and attitudes predict behavior and policy preferences using a latent class analysis on 23 countries. *Journal of Environmental Psychology*, 81: 101815. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101815>
- Kousser T, Tranter B. 2018. The influence of political leaders on climate change attitudes. *Global Environmental Change* 50: 100-109. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.03.005>
- Lee L, Tung S, Gan W, Kaur S. 2022. Knowledge, attitude and perception on climate change and dietary choices in a predominantly chinese university students population in Klang Valley. *Malaysian Applied Biology* 51(3): 37-45. doi: <https://doi.org/10.55230/mabjournal.v51i3.2275>
- Lewandowsky S, Cook J, Fay N, Gignac GE. 2019. Science by social media: Attitudes towards climate change are mediated by perceived social consensus. *Memory & cognition*, 47(8): 1445-1456. doi: <https://doi.org/10.3758/s13421-019-00948-y>
- Liu T, Shryane N, Elliot M. 2022. Attitudes to climate change risk: classification of and transitions in the UK population between 2012 and 2020. *Humanities and Social Sciences Communications* 9(1): 1-15. doi: <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01287-1>
- Machado Junior C, Souza M, Parisotto I, Palmisano A. 2016. As leis da bibliometria em diferentes bases de dados científicos. *Revista de Ciências e Administração* 18(44): 111-123. doi: <https://doi.org/10.5007/2175-8077.2016v18n44p111>
- Mansuroğlu S, Dağ V, Kalaycı Önaç A. 2021. Attitudes of people toward climate change regarding the bioclimatic comfort level in tourism cities; evidence from Antalya, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment* 193(7): 1-16. doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09205-9>
- Musara J, Tibugari H, Moyo B, Mutizira C. 2021. Crop-livestock integration practices, knowledge, and attitudes among smallholder farmers: Hedging Against climate change-induced shocks in semi-arid Zimbabwe. *Open Life Sciences* 16(1): 1330-1340. doi: <https://doi.org/10.1515/biol-2021-0135>
- Otto A, Gugushvili D. 2020. Eco-social divides in Europe: Public attitudes towards welfare and climate change policies. *Sustainability* 12(1): 404. doi: <https://doi.org/10.3390/su12010404>
- Ouariachi T, Gutiérrez-Pérez J, Olvera-Lobo M. 2018. Can serious games help to mitigate climate change? Exploring their influence on Spanish and American teenagers' attitudes. *Psychology* 9(3): 365-395. doi: <https://doi.org/10.1080/21711976.2018.1493774>
- Padilla A, Trujillo JC. 2018. Waste disposal and households' heterogeneity. Identifying factors shaping attitudes towards source-separated recycling in Bogotá, Colombia. *Waste Management* 74: 16-33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.11.052>
- Pato, C, Higuchi, MIG. 2018. Crenças e atitudes ambientais. *Psicologia Ambiental: conceitos para a leitura da relação pessoa-ambiente*, p. 228-236.
- Park S. 2020. How celebrities' green messages on twitter influence public attitudes and behavioral intentions to mitigate climate change. *Sustainability* 12(19): 7948. doi: <https://doi.org/10.3390/su12197948>
- Paavola J. 2017. Health impacts of climate change and health and social inequalities in the UK. *Environmental Health* 16(1): 61-68. doi: <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0328-z>
- Peres A, Neves N, Taddei R. 2020. Atitudes e percepções de gestores ambientais da Zona Costeira de SP frente às mudanças climáticas. *Revista de Economia e Sociologia Rural* 58. doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.191793>

- Pimentel C, Torres CV, Gunther H, Mariano TE. 2023. Estratégias de Mensuração de Atitudes em Psicologia Social. In: Torres, C.V.; Neiva, E.R. (Orgs), *Psicologia Social: Principais Temas e Vertentes* [recurso eletrônico], 2.ed. Porto Alegre: Artmed.
- Rahman M, Overgaard H, Pientong C, Mayxay M, Ekalaksananan T, Aromseree S, Phanthanawiboon S, Zafar S, Shipin S, Paul E, Phommachanh S, Pongvongsa T, Vannavong N, Haque U. 2021. Knowledge, attitudes, and practices on climate change and dengue in Lao People's Democratic Republic and Thailand. *Environmental Research* 193: 110509. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110509>
- Ryan E, Dubrow R, Sherman J. 2020. Medical, nursing, and physician assistant student knowledge and attitudes toward climate change, pollution, and resource conservation in health care. *BMC Medical Education* 20(1): 1-14. doi: <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02099-0>
- Segado-Boj F, Díaz-Campo J, Navarro-Sierra N. 2020. Emotions and news on social media about climate change sharing. Moderating role of habits, previous attitudes and uses and gratifications among university students. *Revista Latina de Comunicación Social* 75: 245-268. doi: <https://doi.org/10.4185/RLCS-2020-1425>
- Shin F, Preston JL. 2021. Green as the gospel: The power of stewardship messages to improve climate change attitudes. *Psychology of religion and spirituality* 13(4): 437. doi: <https://doi.org/10.1037/rel0000249>
- Si H, Duan X, Zhang W, Su Y, Wu G. 2022. Are you a water saver? Discovering people's water-saving intention by extending the theory of planned behavior. *Journal of Environmental Management* 311: 114848. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114848>
- Skains RL, Rudd JA, Horry R, Ross H. 2022. Playing for Change: Teens' attitudes towards climate change action as expressed through interactive digital narrative play. *Frontiers in Communication* 6 (789824): 289. doi: <https://doi.org/10.3389/fcomm.2021.789824>
- Sivonen J. 2022. Attitudes toward global and national climate policies in Finland—The significance of climate change risk perception and urban/rural-domicile. *GeoJournal*, 88: 2247–2262. doi: <https://doi.org/10.1007/s10708-022-10750-0>
- Smith EK, Hempel LM. 2022. Alignment of values and political orientations amplifies climate change attitudes and behaviors. *Climatic Change* 172(1): 1-28. doi: <https://doi.org/10.1007/s10584-022-03348-5>
- Smith EK, Mayer A. 2019. Anomalous Anglophones? Contours of free market ideology, political polarization, and climate change attitudes in English-speaking countries, Western European and post-Communist states. *Climatic Change* 152(1): 17-34. doi: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01573>
- Taylor EC, Livingston, L.A, Callan, M.J, Hanel, P.H.P, Shah, P. 2021. Do autistic traits predict pro-environmental attitudes and behaviors, and climate change belief?. *Journal of Environmental Psychology*, v. 76, p. 101648. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101648>
- Ulloa A. 2008. Implicaciones ambientales y culturales del cambio climático para los pueblos indígenas. In: Ulloa, A *et al.* (Eds), *Mujeres indígenas y cambio climático. Perspectivas latino-americanas*, UNAL – Fundación Natura de Colombia – UNODC, Bogotá, p.17-34.
- Von Storch H, Xue-En C, Birgit PE, Dennis B, Ullmann A. 2019. Attitudes of young scholars in Qingdao and Hamburg about climate change and climate policy—The role of culture for the explanation of differences. *Advances in Climate Change Research* 10(3): 158-164. doi: <https://doi.org/10.1016/j.accres.2019.04.001>
- Whitmarsh L, Capstick S, Moore I, Köhler J, Le Quéré C. 2020. Use of aviation by climate change researchers: Structural influences, personal attitudes, and information provision. *Global Environmental Change* 65: 102184. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102184>
- Yates OE, Manuela S, Neef A, Groot S. 2022. Attitudes towards climate migrants in Aotearoa New Zealand: the roles of climate change beliefs and immigration attitudes. *Regional Environmental Change* 22(3): 1-12. doi: <https://doi.org/10.1007/s10113-022-01942-y>







Zhang J, Tong Z, Ji Z, Gong, Y, Sun Y. 2022. Effects of Climate Change Knowledge on Adolescents' Attitudes and Willingness to Participate in Carbon Neutrality Education. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(17): 10655. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph191710655>

Żuk P, Żuk P. 2021. On the Socio-Cultural Cultural Determinants of Polish Entrepreneurs' Attitudes towards the Development of Renewable Energy: Business, Climate Skepticism Ideology and Climate Change. *Energies* 14(12): 3418. doi: <https://doi.org/10.3390/en14123418>



Esta obra está licenciada com uma *Licença Creative Commons Atribuição Não-Comercial 4.0 Internacional*.

Phytochemical Prospecting and Biological Activity Evaluation of the Ethanolic Extract of the Mandacaru Cactus in the Lavrado of Roraima, Brazil

Jordana Souza Paula Riss^{1,3*} , Leovergildo Rodrigues Farias² , Neyla Raquel dos Santos Rodrigues³ , Rajá Vidya Moreira dos Santos³ , Ana Paula Folmer Correa³ , Marcos José Salgado Vital³ 

1 Department of Teaching, Novo Paraíso Campus, Federal Institute of Roraima. BR-174, s/n - Vila Novo Paraíso, Caracaraí - RR, 69365-000

2 Department of Teaching, Boa Vista Campus, Federal Institute of Roraima. Av. Glaycon de Paiva, 2496 - Pricumã, Boa Vista - RR, 69303-340

3 Graduate Program in Natural Resources, Federal University of Roraima. Av. New York - Airport, Boa Vista - RR

*Corresponding author: jordana.riss83@gmail.com

Received 1 June 2023.

Accepted 16 January 2024.

Published 8 March 2024.

Abstract - Lavrado refers to the savanna region in Roraima, crucial for biodiversity and water resource conservation. Comprising diverse vegetation around lakes and streams, often accompanied by buritizais and Mandacarus. This study focused on the phytochemical prospecting and biological evaluation of the ethanolic extract of *C. jamacaru*, collected in this region. The extract was assessed for antioxidant capacity using DPPH and ABTS methods, and for total phenolic compound content. The chemical profile was analyzed using the APCI-MS method. Toxicity was evaluated through CL50 analysis in an acute assay with *Artemia salina*. Phytochemical prospecting revealed the presence of secondary metabolites: phenols, tannins, alkaloids, flavonoids, sesquiterpenolactones, and other lactones, saponins, steroids, triterpenoids, flavones, flavonols, chalcones, aurones, and isoflavones. Antioxidant capacity was 63.8% for DPPH and 92.3% for ABTS. Total phenolic compound values were 102.4 mg GAE 100 g⁻¹. The ethanolic extract showed no lethality against *A. salina* at concentrations of 2250, 2000, 1500, 1250, 1000, 500, 250, and 125 µg mL⁻¹. Antimicrobial activity showed no inhibition against tested microorganisms at concentrations up to 1 mg mL⁻¹.

Keywords: Biodiversity. Antioxidant activity. Toxicity. Antibacterial activity. Mandacaru.

Prospecção Fitoquímica e Avaliação da Atividade Biológica do Extrato Etanólico de Cacto Mandacaru no Lavrado de Roraima, Brasil

Resumo - Lavrado refere-se à região de savanas em Roraima, crucial para a conservação da biodiversidade e dos recursos hídricos. Composto por vegetações diversas ao redor de lagos e igarapés, frequentemente acompanhados por buritizais e Mandacarus. Este estudo focou na prospecção fitoquímica e avaliação

biológica do extrato etanólico de *C. jamacaru*, coletado nessa região. O extrato foi avaliado quanto à capacidade antioxidante, determinada pelos métodos de DPPH e ABTS, e quanto ao teor de compostos fenólicos totais. O perfil químico foi analisado pelo método *APCI-MS*. A toxicidade foi avaliada a partir da análise de CL50 em ensaio agudo com *Artemia salina*. Na prospecção fitoquímica obteve-se a presença dos metabolitos secundários: fenóis, taninos, alcaloides, flavonoides, sesquiterpenolactonas e outras lactonas, saponinas, esteroides, triterpenoides, flavonas, flavonóis, chalconas, auronas e isoflavonas. A avaliação da capacidade antioxidante foi de 63,8% para o DPPH e de 92,3% nas análises de ABTS. Os valores de compostos fenólicos totais foram de 102,4 mg EAG 100 g⁻¹. O extrato etanólico não apresentou letalidade frente *A. salina* nas concentrações de 2250, 2000, 1500, 1250, 1000, 500, 250 e 125 µg mL⁻¹. A atividade antimicrobiana não apresentou inibição nos microrganismos testados em concentrações de até 1 mg mL⁻¹.

Palavras-chave: Biodiversidade. Atividade antioxidante. Toxicidade. Atividade antibacteriana. Mandacaru.

Prospecto Fitoquímico y Evaluación de la Actividad Biológica del Extracto Etanólico del Cactus Mandacaru en el Lavrado de Roraima, Brasil

Resumen - Lavrado se refiere a la región de sabanas en Roraima, crucial para la conservación de la biodiversidad y los recursos hídricos. Compuesto por vegetación diversa alrededor de lagos e igarapés, a menudo acompañado por buritizais y Mandacarus. Este estudio se centró en la prospección fitoquímica y la evaluación biológica del extracto etanólico de *C. jamacaru*, recolectado en esta región. El extracto se evaluó en cuanto a la capacidad antioxidante, determinada por los métodos de DPPH y ABTS, y en cuanto al contenido de compuestos fenólicos totales. El perfil químico se analizó mediante el método *APCI-MS*. La toxicidad se evaluó a través del análisis de CL50 en un ensayo agudo con *Artemia salina*. En la prospección fitoquímica se encontró la presencia de metabolitos secundarios: fenoles, taninos, alcaloides, flavonoides, sesquiterpenolactonas y otras lactonas, saponinas, esteroides, triterpenoides, flavonas, flavonoides, chalconas, auronas e isoflavonas. La capacidad antioxidante fue del 63,8% para el DPPH y del 92,3% en los análisis de ABTS. Los valores de compuestos fenólicos totales fueron de 102,4 mg GAE 100 g⁻¹. El extracto etanólico no mostró letalidad frente a *A. salina* en concentraciones de 2250, 2000, 1500, 1250, 1000, 500, 250 y 125 µg mL⁻¹. La actividad antimicrobiana no mostró inhibición en los microorganismos probados en concentraciones de hasta 1 mg mL⁻¹.

Palabras clave: Biodiversidad. Actividad antioxidante. Toxicidad. Actividad antibacteriana. Mandacaru.

Introduction

Cacti are succulent dicotyledons of a wide range of shapes and sizes, they can be trees, shrubs, vines, epiphytes or geophytes. Stems (stalks) can be columnar, plump, globular, tuberculate, rib-shaped,

winged or flattened, though they are usually segmented without leaves and have thorns (Barthlott and Hunt 1993).

In the Americas, cacti are found from the coastal plains to mountains with an altitude of about 3,000 m. Of the four areas identified as centers of cactus diversity, Brazil ranks third in this ranking. It is very common to associate the occurrence of cacti with places of extreme droughts; however, certain cacti inhabit other environments, for example, the shady and humid forests of the Amazon and the Atlantic Forest. Cacti are present in all major Brazilian biomes: Amazon, Caatinga, Cerrado, Atlantic Forest, Pampas and Pantanal (Zappi and Taylor 2020).

The state of Roraima is located in the northwest of the northern region of Brazil, with a predominance of the Amazon Rainforest; however, there is also a huge strip of “lavrado” in the central-eastern part (Barbosa and Campos 2011). The mandacaru (*Cereus jamacaru*) is a cactus that is native to Brazil and can reach up to 10 meters high. It has a woody trunk of about 60 cm in diameter, and many erect stems that form a compact top (Zara *et al.* 2012). It is abundant in the northeastern region of Brazil (Zara *et al.* 2012), but is also found in the “lavrado” of Roraima (Oliveira 2016; Passos 2019).

C. jamacaru has as its main phytochemical components two amines (tyramine and N-methyltyramine), in addition to the presence of hordenine and tyrosine. In its cladodes, there is the presence of flavonoids, tannins, anthraquinone saponins and often β -sitosterol (Da Silva *et al.* 2017). This diversity of the metabolites, which have pharmacological activity, justifies their use as anti-inflammatory, antibacterial, sympathomimetic drugs and they also have a possible karyotonic activity (Davet *et al.* 2009; Necchi *et al.* 2012).

Cacti of the genera *Opuntia* and *Latifaria* are the most studied for the treatment of water, but these studies are considered recent when compared with other natural coagulants such as *Moringa oleifera* (Yin 2010). Natural coagulants, derived from cacti, have also become an alternative for the removal of organic contaminants in waters, since they are a natural, abundant, biodegradable and low-cost biomaterial (Rebah 2017).

Thus, this study consists of the phytochemical screening of the ethanolic extract of *C. jamacaru* collected in the “lavrado”, in terms of its antioxidant capacity, its toxicity and antimicrobial activity, with the aim of using the powder of this cactus as a natural coagulant in the treatment of water for human consumption.

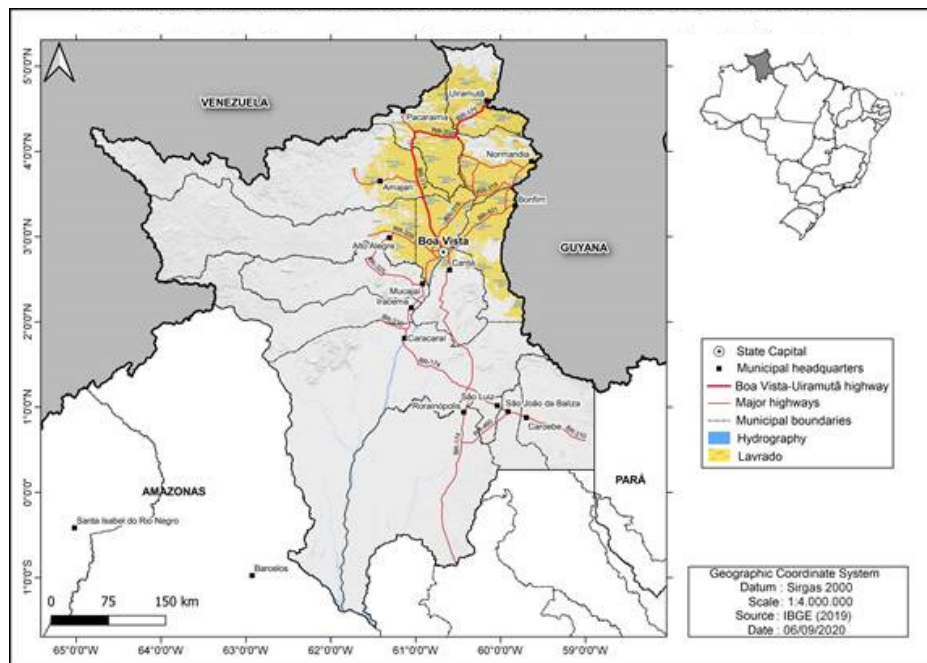
Materials and methods

This study was developed in the laboratories of the Graduate Program in Natural Resources (PRONAT) of the Federal University of Roraima.

Description of the area of cactus collection

Comprising an area of 230,104 km², the “lavrado” in Roraima borders Guyana and a part of Venezuela (Figure 1), with altitudes ranging between 400 and 800 meters in an extensive mountainous area of Precambrian origin (Miranda and Absy 2000).

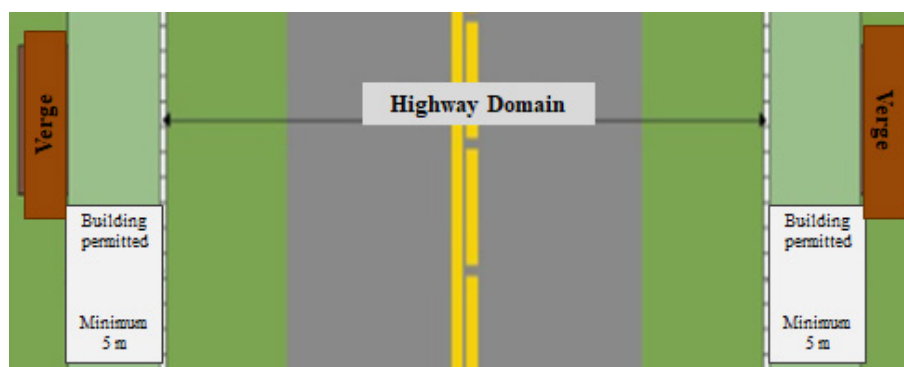
Figure 1. Map of the spatial distribution of the “lavrado” of Roraima and the Boa Vista-Uiramutã highway where the collections of cacti were carried out.



For the present study, cacti were collected in the “lavrado” on the verges of the BR 174, RR-202 and RR-171 highways between Boa Vista and Uiramutã (Figure 1). Prior to the collection stage, a mapping of the occurrence of cacti in the studied area was carried out with the help of GPS equipment (Garmin, etrex 20). Such mapping was a primary factor in determining the species of cactus to be studied.

Considering that the path of the study runs through indigenous lands that require authorization for collection, it was decided to map the occurrence of cacti in the public domain, respecting the minimum limit of the verges of the highways. According to Resolution N^o. 9, of August 12, 2020, the domain of the highway is the physical basis on which a highway is based, which consists of the roadway, verges, hard shoulders, signage and the safety lanes. The limits are defined by an executive highway project, public utility decrees or expropriation projects. The verge, on the other hand, refers to the area along the public domain lanes of highways (Brasil 2020). The minimum limit of this strip is at least five meters according to Brazilian Law No. 13913/2019 (Brasil 2019) (Figure 2).

Figure 2. Illustrative scheme of the domain of highways and verges where the cacti were collected.



Source: Adapted from Empresa Gaúcha de Rodovias (2019).

Preparation of the extract

For the study, about 1,200 g of the aerial part of *Cereus jamacaru* was used. Thorns from plant material were removed with a knife, then the cladodes were washed under running water, cut, and placed on trays. The pieces were dried in an air circulation oven at 37 °C for 3 days, and then ground to a powder and stored in a dark and hermetically sealed container. The ethanolic extract of the cladodes of the cactus was prepared using the maceration method. A total of 320 g of powdered cactus was added to 3.0 liters of absolute ethyl alcohol, and left for 7 days. After this period, the extract was filtered through analytical filter paper and concentrated under reduced pressure in a rotary evaporator. Then, the obtained extract was stored and conserved until the completion of the analyses (Martins *et al.* 2022).

Analysis of the chemical profile using high-resolution mass spectrometry with atmospheric pressure chemical ionization (APCI-MS)

The ethanolic extract of *C. jamacaru* was solubilized in HPLC-grade methanol to generate a stock solution of 1,000 ppm. Aliquots (10 µL) of this solution were transferred to vials containing 1 mL of methanol. Then, 5 µL of the diluted solutions were analyzed by direct insertion in the trap ion mass spectrometer (LCQ Fleet), which was equipped with an APCI source operating in positive and negative modes. The analytical parameters used were: discharge current: 5 µA; vaporizer temperature: 320 °C; capillary temperature: 220 °C; sheath gas: 30 psi; aux gas: 10 Arb, mass range, m/z 100-1000. MS/MS spectra were acquired using helium as the collision gas and energy ranging between 20-30%.

Qualitative classification of secondary metabolites

Phytochemical prospection was performed by adapting the methodology proposed by Matos *et al.* (2001). The ethanolic extract was tested for phenols, tannins, phenolic substances, flavones, flavonols, chalcones, isoflavones, saponins, free steroids, free pentacyclic triterpenoids and alkaloids (Table 1).

Table 1. Chemical tests in ethanol extract.

Component	Procedure
Phenols and Tannins	3 mg of ethanol extract was dissolved in 5 mL of distilled water. It was filtered and transferred to a test tube, adding 1 to 2 drops of 1% FeCl ₃ . Any change in coloration or formation of precipitate was indicative of a positive reaction.
Alkaloids	0.2g of the extract was used and dissolved in 1 mL of methanol. It was then homogenized and alkalinized with 10 mL of 10% calcium carbonate solution. Next, 25 mL of chloroform was added, and after homogenization, the mixture was filtered through a separation funnel using paper previously soaked in chloroform. The filtrate was shaken with 7 mL of 2% HCl. The upper layer was separated for characterization reactions (precipitation) with Bouchardat, Mayer, and Dragendorff reagents. A drop of the reagent was placed next to another acidic solution on a microscope slide, and the result was observed by visualizing the reaction under ultraviolet light.

Flavones, Flavonols, Aurones, Chalcones, and Isoflavones	Approximately 0.03 g of the ethanol extract was weighed and diluted in 5 mL of methanol, adding a drop of 10% ferric chloride. After waiting for a few minutes, the formation of precipitate or change in coloration between green, brownish-green, greenish-yellow, red-purple, and red indicated a positive test for flavones, flavonols, aurones, chalcones, aurones, and isoflavones.
Flavonoids	Dissolve a few milligrams of the extract in 10 mL of methanol, where the extract was filtered. Then, add 5 drops of concentrated hydrochloric acid and magnesium shavings. The appearance of a pink color in the solution indicated a positive reaction.
Sesquiterpenolactones and Other Lactones	Dissolve a few milligrams of the extract in 3 mL of methanol. Add 12 drops of a 10% alcoholic solution of hydroxylamine hydrochloride and two drops of a 10% methanolic solution of KOH. Gently heat in a water bath for 2 minutes. Then cool and acidify with 1N HCl solution. Add 1 drop of 1% FeCl ₃ . The appearance of a violet color indicated a positive reaction.
Steroids and Triterpenoids	Dissolve a few milligrams of the extract in 10 mL of chloroform. Filtration was performed over activated charcoal. Then transfer the filtrate to a completely dry test tube. Add 3 drops of acetic anhydride and shake gently. Add drops of concentrated H ₂ SO ₄ and shake gently again. If there is a rapid development of colors, ranging from fleeting blue to persistent green, it indicates a positive result.
Saponins	Dissolve approximately 0.08 g of the ethanol extract in 5 mL of hot water and vigorously shake for 2 minutes in a closed tube. If the foam layer remained stable for more than half an hour, the result was considered positive for foamy saponins.

Sequestering activity of 2,2-diphenyl-1 picrylhydrazyl radical (DPPH)

The antioxidant activity of the *C. jamacaru* extract was determined using the *in vitro* photolorimetric method performed via free radical scavenging using DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). The samples were prepared by adding 3.9 mL of DPPH solution (60 µM) in 100 µL of extract solutions, which were diluted in methanol at µM/mL concentrations, in triplicate. After the reaction time of 30 minutes, the absorbances of the prepared samples were read on the UV-Vis spectrophotometer with the wavelength adjusted to 515 nm. As a negative control, a mixture of 3.9 mL of DPPH solution and 100 µL of control solution (Trolox) was used. The antioxidant activity of the samples was expressed in IC₅₀ (inhibitory concentration), which was defined as the mg mL⁻¹ of sample required to inhibit the formation of DPPH radicals by 50% (Mensor *et al.* 2001; Sousa *et al.* 2007).

2,2'-Azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline)-6-sulfonic radical (ABTS)

The sequestering activity of the ethanolic extract was determined using the methodology described by Rhee *et al.* (2001). The ABTS radical solution (ABTS•+) was prepared by reacting 5 mL of ABTS solution (7 mmol L⁻¹) with 88 µL of K₂SO₄ solution (140 mmol L⁻¹) and allowing the mixture to stand in the dark (at room temperature) for 12-16 hours before use. For the assay, the ABTS+ solution was diluted with 5 mmol L⁻¹ PBS buffer solution (pH 7.4) to an absorbance of 0.7 (±0.02) at 734 nm. A sample of 10 µL (500 mg mL⁻¹) was mixed with 1 mL of diluted ABTS+ solution and the absorbance (at

734 nm) was measured after 6 min. The percentage decrease in absorbance was calculated compared to that of the controls. The antioxidant activity value of the extract was compared with the BHT control (synthetic antioxidant). The result was also expressed in milligrams of equivalent.

Total phenolic contents

The total phenolic content was determined using the Folin-Ciocalteu method, modified by Roesler *et al.* (2007), by which an extract was used at a ratio of 1:10 (w/v). The quantification process was minimized to a total volume scale of 1.0 mL. From this solution, 200 μ L of the extract were taken, added to 800 μ L of distilled water, 1 mL of Folin-Ciocalteu reagent and 2 mL of 20% sodium carbonate. The absorbance (Abs) of the liquid fraction was determined at 760 nm in a spectrophotometer (Biochrom Libra S12). The result was expressed in gallic acid equivalents (mg GAE.100 g⁻¹).

All readings were performed in triplicate and, with the means of the data, the difference in absorbance between the samples and the control was calculated, with the antioxidant activity (AA) percentages determined using Equation (1).

$$\text{Inhibition of activity (\%)} = (1-B)/A \times 100 \quad (1)$$

Where:

A = Absorbance of control solution.

B = Absorbance of the solution in the presence of the extract.

Toxicity test using *Artemia salina*

In a round-shaped aquarium that served as an incubator, an artificial saline solution (20 g of sea salt per 1.0 L of distilled water) was added and exposed to the light of a 40 W lamp with aeration, and with a pH of between 8 and 9. After 24 hours, the nauplii (10 units) were placed in test tubes containing the extract of *C. jamacaru* dissolved in DMSO (dimethylsulfoxide) 1% and supplemented with 5 mL of artificial seawater. Concentrations of extracts of 2,250, 2,000, 1,500, 1,250, 1,000, 500, 250 and 125 μ g.mL⁻¹ were tested in triplicate. DMSO was used as the positive control, and was prepared in a similar way to the samples. After 24 hours, the number of dead and living nauplii was counted and the percentage of mortality calculated (Meyer *et al.* 1982).

Determination of antimicrobial activity

Following the Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2009) the determination of antimicrobial activity and minimum inhibitory concentration (MIC) were performed using the disc diffusion method. For the bacteria, standard strains (ATCC) were used, with Gram-positive: *Staphylococcus aureus* (ATCC25923), *Enterococcus faecalis* (ATCC00531), *Bacillus cereus* (ATCC9634) and *Listeria monocytogenes* (ATCC7644), and Gram-negative: *Escherichia coli* (ATCC10536), *Klebsiella pneumoniae* (ATCC700603) and *Enteric Salmonella* (ATCC13076). For the evaluation of antifungal activity, a standard strain of the American Type Culture Collection (ATCC), *Candida albicans* (ATCC10231), was used. The microorganisms were cultured and maintained in tryptone soy agar (TSA) and incubated at 37 °C for 24 hours. The density of the microbial suspension was adjusted to approximately 10⁸ CFU/mL by comparing it with the MacFarland scale (Biomérieux, Italy). This

suspension was diluted in sterile saline (0.85%) and, subsequently, the microorganisms were made into a carpet, adding sterile filter paper discs (6 mm Ø) with an aliquot of 20 µL of the extract in certain concentrations, ranging from 500 to 100 µg mL⁻¹ (Rabanal *et al.* 2002; Karaman *et al.* 2003). For the disc diffusion test, halos with a diameter ≥ 6 mm were considered inhibitory. The antimicrobials amoxilin, vancomycin and fluconazole discs were used as the positive control.

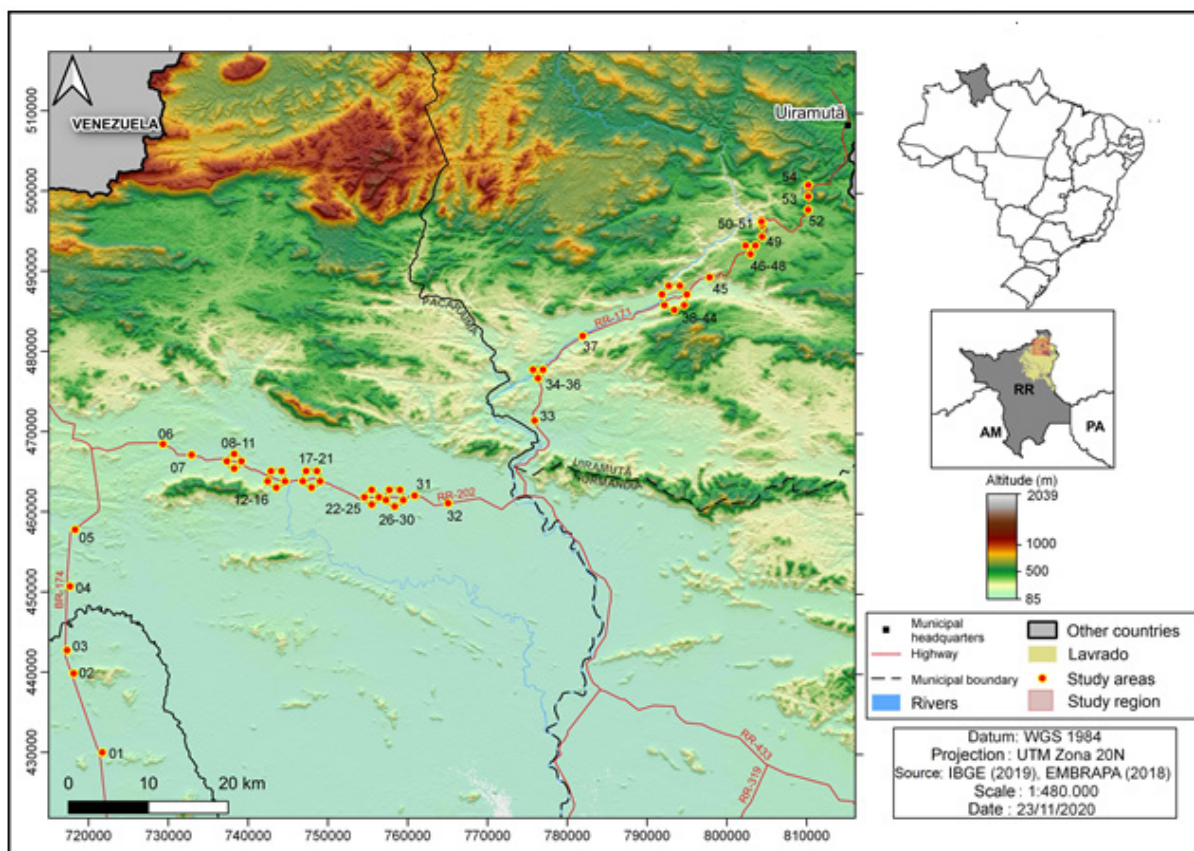
Results and discussion

Below we present the results and discussions regarding the phytochemical prospecting, chemical profile and biological activities of the ethanolic extract of *C. jamacaru* from the “lavrado” in Roraima.

Mapping the occurrence of cacti in the lavrado

The occurrences of cacti were recorded along a route of 290 km, within the five-meter limit of the verges, on the BR-174, RR-202 and RR-171 highways, totaling 54 points (Figure 3). The mandacaru (*C. jamacaru*) proved to be the most abundant in this study area, as its occurrence was recorded at all points. Only at point 2 of the route were two other species found, namely *Melocactus neryi* and *Cereus paraensis*.

Figure 3. Location of occurrence points of cacti on the verges of the highway between Boa Vista and Uiramutã, Roraima.



Samples of mandacaru cladodes were collected on the banks of the BR-171 in the municipality of Uiramutã, Roraima, at point 33 of the map at 04°15' 32.01" N 60° 30' 51.12" W. After collection, the plant material was sent to the herbarium at the Federal University of Roraima in order to obtain botanical identification and the ethanol extract in the laboratory. Collection Request – SISBIO - Number: 87135

Extract yield

From 320 grams of powdered cladodes of *C. jamacaru*, we obtained 1,324 grams of ethanolic extract, which is equal to a yield of approximately 0.41%.

Phytochemical prospection

The metabolites found in the crude ethanolic extract of cladodes were phenols, tannins, alkaloids, flavonoids, sesquiterpene lactones saponins, steroids, triterpenoids and flavones (Table 2).

Table 2. Results of phytochemical prospecting for secondary metabolites in the ethanolic extract of *C. jamacaru* cladodes.

Secondary metabolites	Results	Secondary metabolites	Results
<i>Phenols</i>	+	<i>Saponins</i>	+
<i>Tannins</i>	+	<i>Steroids</i>	+
<i>Alkaloids</i>	+	<i>Triterpenoids</i>	+
<i>Flavonoids</i>	+	<i>Flavones, flavonols, chalcones, aurones and isoflavones</i>	+
<i>Sesquiterpene lactones and other lactones</i>	+		

(-) Absence; (+) Presence

The results obtained in the prospection provide information on the chemical classes that make up the extracts. However, it is worth mentioning that there are variations in the profile of secondary metabolites of plant species that have been attributed to biotic and abiotic factors (Hernandez *et al.* 2022) The presence of tannins and phenolic compounds in the present study corroborate the studies of Dias, Simão, Verib and Carasek (2013) who detected these two substances in the aqueous methanolic extract of the peel of manacaru fruits (*Cereus fernambucenses*), a species belonging to the same family as *C. jamacaru*. The results are also similar to the studies conducted by Felker *et al.* (2005), Davet *et al.* (2009) and Medeiros *et al.* (2019), who detected the presence of tannins, alkaloids, anthraquinones, phenol and flavonoids in the cladodes of *C. jamacaru*.

The results of this prospection corroborate the studies of De Almeida *et al.* (2022), who found the presence of phenols, flavones, flavonols, xanthonenes and saponins in the ethanolic extract of *C. jamacaru* cladodes. Unlike in the present study, terpenoids were only found in the peel and pulp of ripe and semi-ripe fruits. The authors also detected tannins in their samples.

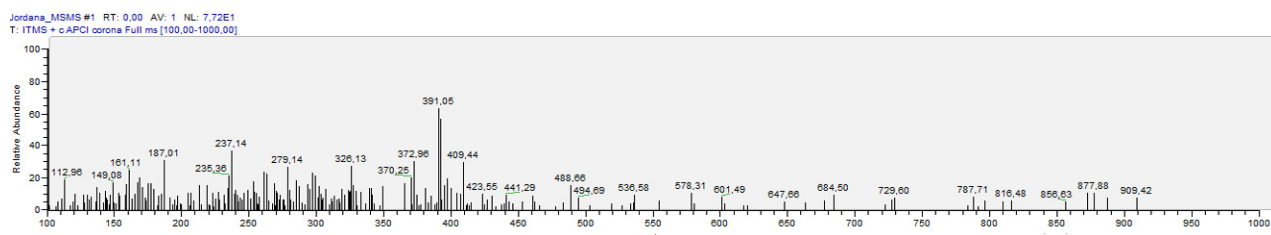
Phytochemicals such as flavonoids, tannins and alkaloids have anti-inflammatory properties. El-Beltagi *et al.* (2019) attributed this good antibacterial activity to the tannins present in the cactus

Opuntia ficus-indica. Alkaloids have been reported to be responsible for antibacterial activity in some plants. This probably explains the reason why plants containing these basic alkaloids and alkaloid salts have good antibacterial properties (El-beltagi *et al.* 2019).

Chemical profile

The spectrum of the chemical profile of the ethanolic extract of *C. jamacaru* obtained by APCI-MS is represented in Figure 4.

Figure 4. APCI-MS mass spectra of the ethanolic extract of *C. jamacaru*.



The possible compounds identified in the positive and negative ionization modes in the fragments are described in Table 3.

Table 3. Compounds identified in the ethanolic extract of *C. jamacaru*.

Possible identification	m/z	MS/MS	Reference
Quercetin	301	179; 151	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Quercetin hexoside	463	301	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Quercetin-3-O-arabinoyl glycoside	595	301	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Quercetin di-deoxyhexose	755	446	Campelo <i>et al.</i> (2021)
(Epi) catechin - (Epi) catechin (procyanidin B IV)	577	451; 425; 407; 289; 287	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Catechin	289	125; 179; 205; 231; 245	Campelo <i>et al.</i> (2021)
P-coumaric acid	165	119; 147	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Caffeic acid	179	135	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Ferulic acid	193	134; 149; 178	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Apigenin-6-C-glucoside (isovitexin)	431	269; 341	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Taxifolin hexoside	435	285; 303; 399	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Naringenin hexoside II	433	271; 313; 415	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Kaempferol 3-rutinoside-7-rhamnoside	739	593	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Kaempferol-3-O-rutinoside	593	285, 255	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Benzoic acid derivative	205	143, 125, 81	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Benzoic acid derivative	411	205, 143, 125, 81	Campelo <i>et al.</i> (2021)

Benzoic acid derivative	369	205, 125	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Saccharide	371	249, 231, 175, 113	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Isorhamnetin-3-O-dirhamnosyl glucoside	769	623, 315	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Isorhamnetin-3-O-rutinoside	623	315, 300	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Oxo-dihydroxy-octadecenoic acid	327	229, 211	Campelo <i>et al.</i> (2021)
L-arginine	175	116	Campelo <i>et al.</i> (2021)
3-O-methylquercetin	317	301; 274; 273	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Sucrose	381	201; 219	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Apigenin mono-C-glycosidic	433	361; 349; 337; 323	Campelo <i>et al.</i> (2021)
Myricetin-hexose	743	431; 611; 743	Campelo <i>et al.</i> (2021)
D-tyramine	137.2		Schwartz <i>et al.</i> (2010)
N-methyltyramine	151		Schwartz <i>et al.</i> (2010)
Hordenine	165.2		Schwartz <i>et al.</i> (2010)
D-tyrosine	181.2		Schwartz <i>et al.</i> (2010)
Oleic acid	282.4		Schwartz <i>et al.</i> (2010)
Acetic acid	60.1		Schwartz <i>et al.</i> (2010)
Camphor	152.2		Schwartz <i>et al.</i> (2010)
Cysteine	121.2		Schwartz <i>et al.</i> (2010)
Geranylacetone	194		Schwartz <i>et al.</i> (2010)

In the class of flavonols, the presence of quercetin glycosylates, kaempferol, myricetin and isorhamnetin is widely associated with several beneficial health effects, as they present antioxidant, anticancer, anti-inflammatory, antiviral, cardioprotective, and other properties (Wang *et al.* 2018). Phenolic acids, among them caffeic acid, ρ -coumaric acid and ferulic acid, stand out for being some of the most studied phenolic compounds in cactus species due to their antioxidant action and potential to prevent or delay the appearance of symptoms of transmissible diseases (Del Socorro and Camarena 2019).

The main compounds that are produced by cacti and which have nutritional or pharmacological properties are polyphenols, alkaloids, betalains, terpenes and fatty acids (DAS *et al.* 2020). Hordenine, N-methyltyramine and tyrosine are some of the most commonly detected alkaloids in cacti. According to Vencioneck Dutra *et al.* (2018), the alkaloids tyramine and N-methyltyramine are compounds produced by *C. jamaicaru* that are chemical markers of this species. Such compounds were identified in the present study with an m/z 137.2 and 151, respectively.

Oleic acid is known for its beneficial health effects, and is an unsaturated fatty acid that can prevent cardiovascular disease (Bakari *et al.* 2017). Vitamins can be found in both the pulp and skin of cacti (El-beltagi *et al.* 2019). Previous studies have indicated that there is a higher concentration of vitamin C (ascorbic acid) in the fruit of cacti (*Opuntia ficus-indica*) than that found in common fruits such as apple, banana or grape. Vitamin C is an important antioxidant and reduces the adverse effects of reactive oxygen species that cause damage to macromolecules, such as lipids, DNA and proteins, which are related to cardiovascular disease, cancer and neurodegenerative diseases.

Antioxidant activity

The values obtained in the radical sequestration methods (DPPH and ABTS) and total phenolic contents are presented in Table 4.

Table 4 - Antioxidant activity of the ethanolic extract of cladodes from *C. jamacaru*.

	Phenolic Compounds Total (mg GAE 100 g ¹)	DPPH Radical IC ₅₀ (mg mL ⁻¹)	ABTS Radical (μMTrolox g ⁻¹)
Ethanolic Extract	102.4 ± 0.05	69.8 ± 0.2	1.843,4 ± 5,74
Gallic Acid	2,931.04 ± 8.8	-	-
Ascorbic Acid	-	100.2 ± 2.26	1.978,4 ± 7,12
BHT	-	94.5 ± 3.4	1.368,7 ± 4,98

(-) Absence

BHT: butylated hydroxytoluene

DPPH and ABTS assays are methods used to measure the antioxidant's ability to scavenge free radicals, which are the main factor in biological damage caused by stress. In studies conducted by Vencioneck Dutra *et al.* (2018), the hydroalcoholic extract of *C. jamacaru* was able to inhibit the activity of DPPH radicals by up to 57.36% and ABTS antioxidant activity by up to 65.76% when compared to the standards. The results of the present study were even more satisfactory, the ethanolic extract of the cladodes from *C. jamacaru* showed antioxidant activity of 92.3% for the ABTS method and 63.8% for the DPPH method. El-beltagi *et al.* (2019) attributed the excellent antioxidizing activity of cactus extract to flavonoids. The authors claim that flavonoids are more efficient antioxidants than vitamins, since phenolic compounds are able to slow down pro-oxidative effects on proteins, DNA and lipids via the generation of stable radicals.

A study conducted with the alkaloid tyramine, a compound detected in the extract from *C. jamacaru*, showed strong sequestering activity in the DPPH assay, as well as reducing power, reaching an 86.34% inhibition of the DPPH radical, which may have contributed to the overall antioxidant activity (Yen and Hsieh 1997). The phenolic levels of the cladodes from *C. jamacaru* were lower than the results obtained by Santos-Zea *et al.* (2011) who found a minimum of 318.1 mg kg⁻¹ and 1 g kg⁻¹, and Medina-Torres *et al.* (2013) who found 1 g kg⁻¹ in the cladodes of Mexican cacti using methanol as an extractive vehicle. De Wit *et al.* (2019) observed that the total phenolic contents are always higher in the stem and seeds of cacti than in their fruits. In this study, levels of phenolic compounds in the cladodes were 102.4 ± 0.05 mg GAE.100 g⁻¹. A possible explanation for obtaining lower levels is the use of ethanol as an extractive vehicle. Methanol has a higher polarity than ethanol due to its hydrocarbon chain being smaller than that of ethanol.

Determination of antimicrobial activity (AMA)

There was no inhibition of microbial activity with the *C. jamacaru* ethanolic extract at the concentrations tested. Unlike the present study, Davet *et al.* (2009) demonstrated the antibacterial potential of the ethanolic extract of mandacaru stems against *Streptococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli*. The reason why the extract did not show halo

inhibition can be attributed to the concentration tested. Rabe and Staden (1997) relate the absence or slight activity in some extracts to the low concentrations of antibacterial compounds in the extracts.

Leyva-Jimenez *et al.* (2018) tested the 80% ethanol extract of the peel of the fruit of *C. jamacaru* and the best inhibition halo obtained was of 10 mm and, of the eight bacteria tested, the extract inhibited only three. The authors attributed to the inhibition of microbial growth to the presence of certain flavonoids such as rutin or chrysin. Flavonoids are effective against microbial pathogens, since they are a phenolic hydroxyl compound; as the number of -OH groups increase in the natural structure of the compound, toxicity to microorganisms increases (Bardakci *et al.* 2019).

Toxicity test

In the toxicity tests, the number of dead nauplii was confirmed by visualization with the aid of a magnifying glass after 24 hours, and it was found that the nauplii still showed movement.

The toxicity test against *A. salina* was performed with the ethanolic extract. The bioassay was performed in triplicate, and live, dead, or paralyzed nauplii were counted, and then mortality was determined at a concentration between 2,250 $\mu\text{g mL}^{-1}$ and 125 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Once the mortality count is determined, toxicity is considered low when the 50% lethal dose (LD_{50}) is greater than 1,000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ and high when the LD_{50} is less than 1,000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (Meyer *et al.* 1982). With the determination of the data, it was observed that the ethanolic extract does not present lethality against *A. salina*, as there was no mortality in the lethal dose range.

This result demonstrates that the *C. jamacaru* extract has no toxicity. Unlike the study by Sánchez *et al.* (2016), who evaluated the toxicity of the extract of *O. ficus-indica*, also a member of the *Cactaceae* family and popularly known as the “prickly pear”, and found that a concentration of 100 $\mu\text{g/mL}$ was able to eliminate about 60% of the microcrustaceans.

Acknowledgments

We would like to thank the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for their financial support, through the project “Strengthening research in Bioprospection of the Postgraduate Program in Natural Resources - PRONAT/UFRR” (Proc. 510194/2020-00), and to the Dean of Research Notice of UFRR.

Conclusions

The phytochemical prospecting of *C. jamacaru* cladodes revealed the presence of various classes of compounds, including phenols, tannins, alkaloids, flavonoids, sesquiterpene lactones, and saponins. Significant antioxidant properties were highlighted, especially concerning the ABTS and DPPH methods. Mass spectrometer analysis confirmed the presence of compounds such as hordenine and N-methyltyramine, chemical markers of the species, in addition to identifying oleic acid, vitamin C, and other health-beneficial compounds. Despite the absence of antimicrobial activity at the tested concentrations, the ethanolic extract demonstrated safety concerning *A. salina*, indicating promising potential for use as a source of natural antioxidants in food and pharmaceutical applications.

Author participation: JSJR: Conceptualization, Data curation, Investigation, Methodology, Writing –original draft, Writing – review & editing; LRF - Validation, Investigation and Methodology; NRSR - Investigation and Methodology; RVMS - Software, Investigation and Methodology; APFC - Supervision, Validation, Investigation and Methodology; MJSV - Supervision, Resources e Funding acquisition.

Ethical approval or research licenses: For the present study, ethical approval was not required. The license for the collection of biological material was granted by the Biodiversity Authorization and Information System (SISBIO) under number 87135-1, as determined by Ordinance 748/2022.

Data availability: The manuscript was based on data from the thesis of the first author, which after the defense will be made available on the page of the Graduate Program in Natural Resources of the Federal University of Roraima (Teses (ufr.br)) and in the Catalog of Capes theses (Catálogo de Teses & Dissertações - CAPES)

Conflict of Interests: The authors declare that there is no conflict of interest.

References

- Bakari S, Daoud A, Felhi S, Smaoui S, Gharsallah N, Kadri A. 2017. Análise aproximada, composição mineral, conteúdo fitoquímico, atividades antioxidantes e antimicrobianas e GC- Investigação de MS de vários extratos de solventes de cladódio de cacto. *Ciência Alimentar. Technol.* 37(2): 286-293. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.20116>
- Barbosa WLR, Quinard E, Tavares, ICC, Pinto LN, Oliveira, FQ, Oliveira RM. 2004. Manual para análise fitoquímica e cromatográfica de extratos vegetais (Edi o Revisada). *Revista Científica da UFPA*, 4.
- Barbosa RI, Campos C.2011. Detection and geographical distribution of clearing areas in the savannas ('lavrado') of Roraima using Google Earth web tool. *Journal of Geography and Regional Planning* 4(3): 122.
- Bardakci H, Celep E, G zet T, Kurt-Celep I, Deniz I, Ően-Utsukarci B, Akaydin, GALIP. 2019. A comparative investigation on phenolic composition, antioxidant and antimicrobial potentials of *Salvia heldreichiana* Boiss. ex Bentham extracts. *South African Journal of Botany* 125: 72-80. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.07.010>
- Barthlott W, Hunt DR, 1993 Cactaceae. In: Kubiztki, K; Rohwer, JG; Bittrich, V (Ed.). *The families and genera of vascular plants*. Berlin: Springer-Verlag, 161-197.
- Brasil. Departamento de Infraestrutura de Transportes. Lei n  13.913, de 25 de novembro de 2019. Altera a Lei n  6.766, de 19 de dezembro de 1979, para assegurar o direito de permanência de edifica es na faixa não edificável contígua às faixas de domínio público de rodovias e para possibilitar a redu o da extensão dessa faixa não edificável por lei municipal ou distrital. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*. 2019. Available at: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/L13913.htm>. Accessed on: 26 Nov. 2019.
- Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Resolu o n  9, de 12 de agosto de 2020. Dispõe sobre o uso das faixas de domínio de rodovias federais sob circunscric o do departamento nacional de infraestrutura de transportes. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*. 2020. Available at: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/L13913.htm. Accessed on: 26 Nov. 2019.
- Campelo FA, Henriques G, Simeone M, Queiroz V, Ramos A, Silva M, Araújo RLM. 2021. Características químicas e nutricionais de dois genótipos de sorgo, depois da extrusão termoplástica. In: MELO, J. O. F. (org.). *Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil*. Guarujá: Científica Digital 1: 234-260.
- CLSI, Clinical and Laboratory Standards Institute, 2009. *Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Test; Approved Standard-Tenth Edition*. Wayne, CLSI document M02-A10.
- Da Silva AB, De Brito JM, De Araújo Silva R, Braz AS, Da Silva Filho ED. 2017. Parâmetros físico-químicos da água utilizada para consumo em poços artesanais na cidade de Remigio-PB 31(2): 109-118. <https://doi.org/10.14295/ras.v31i2.28807>

- Das G, Lim KJ, Tantengco OAG, Carag H M, Gonçalves S, Romano A, Das SK, Coy-Barrera E, Shin HS, Gutiérrez-Grijalva EP, Heredia J B, Patra J K. 2021. Cactus: Chemical, nutraceutical composition and potential bio-pharmacological properties. *Phytotherapy Research: PTR* 35(3): 1248–1283. <https://doi.org/10.1002/ptr.6889>
- Davet A, Virtuoso S, Dias JF, Miguel, MD, Oliveira AB, Miguel OG. 2009. Atividade antibacteriana de *Cereus jamacaru* DC, Cactaceae. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 19: 561-564. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2009000400009>
- De Almeida MMV, Araújo FDS, Andrade AP, Aquino PGV, Valença RDL, Bruno RDLA. 2022. Nutritional Potential and Bioactive Compounds in *Cereus jamacaru* DC: An Multifaceted Cactus From Brazilian Semiarid. *Journal of Agricultural Studies* 10(1): 68-81. <https://doi.org/10.5296/jas.v10i1.19006>
- De Medeiros IU, De Medeiros RA, Bortolin RH, De Queiroz FM, Silbiger V N, Pflugmacher S, Schwarz A. 2019. Genotoxicity and pharmacokinetic characterization of *Cereus jamacaru* ethanolic extract in rats. *Bioscience Reports* 39(1). <https://doi.org/10.1042/BSR20180672>
- De Wit M, Du Toit A, Osthoff G, Hugo A. 2019. Cactus pear antioxidants: A comparison between fruit pulp, fruit peel, fruit seeds and cladodes of eight different cactus pear cultivars (*Opuntia ficus-indica* and *Opuntia robusta*). *Journal of Food Measurement and Characterization* 13: 2347-2356. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00154-z>
- Dias AN, Simão V, Merib J, Carasek E. 2013. Cork as a new (green) coating for solid-phase microextraction: Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in water samples by gas chromatography–mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta* 772: 33-39. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2013.02.021>
- El-Beltagi HS, Mohamed HI, Elmelegy A A, Eldesoky SE, Safwat G. 2019. Phytochemical screening, antimicrobial, antioxidant, anticancer activities and nutritional values of cactus (*Opuntia ficus indica*) pulp and peel. *Fresenius environmental bulletin* 28(2A):1534-1551.
- Felker P, Rodriguez SDC, Casoliba RM, Filippini R, Medina D, Zapata R. 2005. Comparison of *Opuntia ficus indica* varieties of Mexican and Argentine origin for fruit yield and quality in Argentina. *Journal of Arid Environments* 60(3): 405-422.
- Hernández F, Andreu-Coll L, Bento-Silva A, Serra A T, Mena P, Legua P, Bronze MR. 2022. Phytochemical Profile of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill Fruits (cv. 'Orito') Stored at Different Conditions. *Foods* 11(2): 160. <https://doi.org/10.3390/foods11020160>
- Karaman I, Şahin F, Güllüce M, Ögütçü H, Şengül M, Adıgüzel A. 2003. Antimicrobial activity of aqueous and methanol extracts of *Juniperus oxycedrus* L. *Journal of Ethnopharmacology* 85(2-3): 231-235.
- Leyva-Jimenez FJ, Lozano-Sanchez J, Borrás-Linares I, de la Luz Cadiz-Gurrea M, Mahmoodi-Khaledi E. 2019. Potential antimicrobial activity of honey phenolic compounds against Gram-positive and Gram-negative bacteria. *LWT* 101: 236-245. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.015>
- Matos, FJA. Introduction to Experimental Phytochemistry. 2nd ed. Fortaleza: Edições UFC, 2001.
- Medina-Torres L, García-Cruz E E, Calderas F, Laredo RG, Sánchez-Olivares G, Gallegos-Infante JÁ, Rodríguez-Ramirez J. 2013. Microencapsulation by spray drying of gallic acid with nopal mucilage (*Opuntia ficus indica*). *LWT-Food Science and Technology* 50(2): 642-650. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.038>
- Martins SA, Rodrigues NRDS, Santos RVM, Moraes CM, Melo JA, Nascimento FC. 2022. Phytochemical prospection and biological activity of the ethanolic extract of the leaves of *Curatella americana* L. (dilleniaceae). *International Journal of Development Research* 12(05): 55735-55738. <https://doi.org/10.37118/ijdr.24411.05.2022>
- Mensor LL, Menezes FS, Leitão GG, Reis AS, Santos TCD, Coube CS, Leitão SG. 2001. Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy Research* 15(2): 127-130. <https://doi.org/10.1002/ptr.687>
- Miranda, IS, Absy, ML. 2000. Fisionomia das savanas de Roraima, Brasil. *Acta Amazonica* 30: 423-423. <https://doi.org/10.1590/1809-43922000303440>

- Meyer BN, Ferrigni, N R, Putnam JE, Jacobsen LB, Nichols DJ, McLaughlin JL. 1982. Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituents. *Planta Medica* 45(05): 31-34.
- Necchi RM, Alves IA, Alves S H, Manfron MP. 2012. In vitro antimicrobial activity, total polyphenols and flavonoids contents of *Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck (Cactaceae). *Research in Pharmacy* 2(3): 01-07.
- Oliveira RLC. 2016. Uso e conhecimento das espécies lenhosas em uma Comunidade Indígena na savana de Roraima. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Botânica. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA. Manaus, AM, 123 p.
- Passos MAB. 2019. Plantas alimentícias não convencionais (PANC) ocorrentes em roraima. *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar* 5(14): 388-404.
- Rabanal RM, Arias A, Prado B, Hernández-Pérez M, Sánchez-Mateo CC. 2002. Antimicrobial studies on three species of *Hypericum* from the Canary Islands. *Journal of Ethnopharmacology* 81(2): 287-292.
- Rabe T, Van Staden J. 1997. Antibacterial activity of South African plants used for medicinal purposes. *Journal of Ethnopharmacology* 56(1): 81-87. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(96\)01515-2](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(96)01515-2)
- Rebah FB, Siddeeg SM. 2017. Cactus an eco-friendly material for wastewater treatment: A review. *Journal of Materials and Environmental Sciences* 8(5): 1770-1782.
- Rhee IK, Van de Meent M, Ingkaninan K, Verpoorte R. 2001. Screening for acetylcholinesterase inhibitors from Amaryllidaceae using silica gel thin-layer chromatography in combination with bioactivity staining. *Journal of Chromatography A* 915(1-2): 217-223. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)00624-0](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)00624-0)
- Roesler R, Malta LG, Carrasco LC, Holanda RB, Sousa CAS, Pastore GM. 2007. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Food Science and Technology* 27: 53-60. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000100010>
- Santos-Díaz MDS, Camarena-Rangel NG. 2019. Cacti for production of metabolites: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology* 103: 8657-8667. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-10125-5>
- Santos-Zea L, Gutiérrez-Urbe JA, Serna-Saldivar SO. 2011. Comparative analyses of total phenols, antioxidant activity, and flavonol glycoside profile of cladode flours from different varieties of *Opuntia spp.* *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(13): 7054-7061. <https://doi.org/10.1021/jf200944y>
- Schwarz A, Medeiros I, Mourão C, Queiroz F, Pflugmacher S. 2010. Phytochemical and toxic analysis of an ethanol extract from *Cereus jamacaru*. *Toxicology Letters* (196): S344.
- Sousa CMDM, Silva HR, Ayres MCC, Costa CLSD, Araújo DS, Cavalcante LCD, Chaves MH. 2007. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. *Química Nova* 30: 351-355. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200021>
- Vencioneck Dutra JC, Moisés Ferreira J, Costalonga Pereira PR., Ben-Hur de Oliveira J, Vitorino Gervásio S, Bernardes Xavier M, Pimentel Batitucci MDC. 2018. *Cereus jamacaru* DC hydroalcoholic extract promotes anti-cytotoxic and antitumor activity. *Pharmaceuticals* 11(4): 130. <https://doi.org/10.3390/ph11040130>
- Wang TY, Li Q, Bi KS. 2018. Bioactive flavonoids in medicinal plants: Structure, activity and biological fate. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences* 13(1): 12-23. <https://doi.org/10.1016/j.ajps.2017.08.004>
- Yen GC, Hsieh CL. 1997. Antioxidant effects of dopamine and related compounds. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 61(10): 1646-1649. <https://doi.org/10.1271/bbb.61.1646>
- Yin C. 2010. Emerging usage of plant-based coagulants for water and wastewater treatment. *Process Biochemistry* 45(9): 1437-1444. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2010.05.030>
- Zappi D, Taylor NP. 2020. Cactaceae in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available at: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB70>>. Accessed on: 12 Mar. 2021.

Zara RF, Thomazini MH, Lenz GF. 2012. Estudo da eficiência de polímero natural extraído do cacto mandacaru (*Cereus jamacaru*) como auxiliar nos processos de coagulação e floculação no tratamento de água. *Revista de Estudos Ambientais* 14(2): 75-83. <http://dx.doi.org/10.7867/1983-1501.2012v14n2p75-83>



Esta obra está licenciada com uma *Licença Creative Commons Atribuição Não-Comercial 4.0 Internacional*.

Efeito do estágio evolutivo de voçorocas na erosão do solo no bioma da mata atlântica, em Pinheiral – RJ

João Henrique Gaia Gomes¹ , Jean Sérgio Rosset² , Murilo Machado de Barros¹ , Conan Ayade Salvador¹ , Renato Sinquini de Souza¹ , Marcos Gervasio Pereira^{1*} 

1 Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, BR 465 km7, Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil

2 Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Unidade Universtária de Mundo Novo, BR 163 km, 20,2, Mundo Novo, Mato Grosso Sul, Brasil

*Autor para correspondência: mgervasiopereira01@gmail.com

Recebido em 27 de outubro de 2023.

Aceito em 18 de janeiro de 2024.

Publicado em 8 de março de 2024.

Resumo - A erosão promove danos às lavouras, solo, assoreamento e poluição das bacias hidrográficas. Desse modo, objetivou-se avaliar a perda de nutrientes e de solo em diferentes estágios evolutivos de voçorocas na bacia hidrográfica do Ribeirão Cachimbal, Pinheiral - RJ. As voçorocas foram classificadas morfolologicamente em inicial, juvenil, madura e senil. Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas na profundidade de 0,00-0,10 m na face interna de cada voçoroca. Procedeu-se análises para avaliação da fertilidade, carbono orgânico total (COT), densidade do solo (Ds) e granulometria. Foi realizado um voo sistematizado utilizando um drone sobre as voçorocas para estimativa de suas respectivas áreas, em maio de 2017. A partir dos resultados de atributos químicos, físicos e das dimensões das voçorocas foram calculadas as quantidades de massa de solo e de nutrientes removidos. Os maiores valores de área, volume, Ds e massa de solo removidos foram quantificados na voçoroca em estágio senil (1069,23 m², 1709,35 m³, 1,28 Mg m⁻³ e 2187,97 Mg, respectivamente). Os maiores valores removidos de Ca²⁺ (46,22 kg) e de COT (482,18 kg) foram observados na voçoroca senil, já os de Mg²⁺ (15,09 kg) na juvenil e K⁺ e Na⁺ na voçoroca inicial (3,96 e 3,77 kg, respectivamente).

Palavras-chave: Perdas de solo. Indicadores de qualidade do solo. Degradação do solo.

Effect of the evolutionary stage of voçorocas on soil erosion in the atlantic forest biome, in Pinheiral – RJ

Abstract - Erosion causes damage to crops, soil, siltation and pollution of river basins. Thus, the objective was to evaluate the loss of nutrients and soil in different evolutionary stages of gullies in the Ribeirão Cachimbal watershed, Pinheiral - RJ. The gullies were morphologically classified into initial, juvenile, mature and senile. Deformed and undeformed samples were collected at a depth of 0.00-0.10 m on the inner face of each gully. Analyzes were carried out to evaluate fertility, total organic carbon (TOC), soil density (Ds) and granulometry. A systematic flight using a drone was carried out over the gullies to estimate their respective areas, in May 2017. Based on the results of chemical and physical

attributes and gully dimensions, the amounts of soil mass and nutrients removed were calculated. The highest values of area, volume, Ds and soil mass removed were quantified in the senile stage gully (1069.23 m², 1709.35 m³, 1.28 Mg m³ and 2187.97 Mg, respectively). The highest removed values of Ca²⁺ (46.22 kg) and TOC (482.18 kg) were observed in the senile gully, while those of Mg²⁺ (15.09 kg) in the juvenile gully and K⁺ and Na⁺ in the initial gully (3.96 and 3.77 kg, respectively).

Keywords: Soil losses. Soil quality indicators. Soil degradation.

Efecto de la etapa evolutiva de voçorocas sobre la erosión del suelo en el bioma del bosque atlántico, en Pinheiral – RJ

Resumen - La erosión causa daños a los cultivos, al suelo, sedimentación y contaminación de las cuencas fluviales. Así, el objetivo fue evaluar la pérdida de nutrientes y de suelo en diferentes estados evolutivos de cárcavas de la cuenca del Ribeirão Cachimbal, Pinheiral - RJ. Las quebradas se clasificaron morfológicamente en inicial, juvenil, madura y senil. Se recolectaron muestras deformadas y no deformadas a una profundidad de 0,00-0,10 m. Se realizaron análisis para evaluar fertilidad, carbono orgánico total (COT), densidad del suelo (Ds) y granulometría. Se realizó un vuelo con un dron sobre las cárcavas para estimar sus áreas, en mayo de 2017. Con base en los resultados de los atributos químicos y físicos y las dimensiones de las cárcavas, se calcularon las cantidades de masa de suelo y nutrientes removidos. Los mayores valores de área, volumen, Ds y masa de suelo removido se cuantificaron en la cárcava senil (1069,23 m², 1709,35 m³, 1,28 Mg m⁻³ y 2187,97 Mg, respectivamente). Los mayores valores eliminados de Ca²⁺ (46,22 kg) y COT (482,18 kg) se observaron en la cárcava senil, mientras los de Mg²⁺ (15,09 kg) en la juvenil y los de K⁺ y Na⁺ en la cárcava inicial (3,96 y 3,77 kg), respectivamente).

Palabras clave: Pérdida de suelo. Indicadores de calidad del suelo. Degradación del suelo.

Introdução

A erosão hídrica contribui de maneira significativa para a degradação dos solos no mundo e é considerada um dos principais fatores relacionados à sua perda e de nutrientes (Bogunovic *et al.* 2018). As alterações nas características do solo estão associadas ao seu uso, ao efeito de processos erosivos, à estrutura e são influenciadas pela sua textura. A etapa inicial da erosão hídrica, ocorre com a incidência das gotas de chuva sobre a superfície do solo, promovendo a destruição dos agregados associada ao salpicamento das partículas individualizadas (Mhazo *et al.* 2016). Em seguida, ocorre a ação conjunta do escoamento superficial, originado pelo acúmulo de água na superfície do solo devido a redução da capacidade de infiltração, e da gravidade, as quais transportam as partículas do solo, matéria orgânica e nutrientes para a parte mais baixa da vertente (Oliveira *et al.* 2023a; Bocuti *et al.* 2019). Toda essa dinâmica é condicionada pela ação da chuva, tipo e uso e ocupação do solo, topografia e tem como principais consequências a degradação ambiental, a diminuição da fertilidade do solo, a redução na infiltração e na capacidade de armazenamento de água, a sedimentação de reservatórios e rios, a poluição da água, a destruição de ecossistemas e o aumento das enchentes (Zhang *et al.* 2018).

Os processos erosivos podem ter início na forma de entressulcos (erosão difusa ou laminar) e evoluírem para a forma em sulcos (erosão linear ou concentrada), até atingirem o estágio mais avançado, denominado de voçoroca (Rubira *et al.* 2016; Oliveira *et al.* 2018). Na erosão em entressulcos o impacto da gota da chuva no solo é o principal fator responsável pela desagregação de suas partículas, devido as forças de pressão e cisalhamento liberados pela energia cinética no ponto de impacto, sendo o transporte das partículas realizadas por um fluxo laminar raso (Cassol e Lima 2003; Wang *et al.* 2022). Por outro lado, a erosão em sulco se desenvolve quando a erosividade da chuva e do escoamento superficial formado é maior do que a erosividade do solo (Zuo *et al.* 2022). As voçorocas, consideradas a expressão mais agressiva da erosão do solo, podem ser definidas considerando aspectos dimensionais, ou considerando os processos distintos em sua formação como fluxos superficiais, subsuperficiais e fluxos induzidos por ação antrópica, não havendo consenso absoluto entre estudiosos (Oliveira *et al.* 2023b). As voçorocas possuem diferentes padrões geomorfológicos, o que possibilita sua classificação quanto ao estágio evolutivo e à morfologia em inicial, juvenil, madura e senil (Dobek *et al.* 2011; Gaia-Gomes *et al.* 2020).

Nos estudos de erosão do solo, os métodos convencionais de quantificação de perdas de solo e de nutrientes a campo geralmente possuem custo e tempo de obtenção de informações elevados (Krenz *et al.* 2019). A integração de modelos existentes de erosão do solo com dados de campo e dados fornecidos por meio do uso de sistemas de informação geográfica (SIG) mostraram-se vantajosas (Viel *et al.* 2017), pois permite a realização dos levantamentos com maior frequência, menor quantidade de recursos, alta resolução e garantia de agilidade e precisão na coleta de informações (Nobajas *et al.* 2017; Krenz *et al.* 2019). Diversos estudos apontam que o uso de imagens de drones de diferentes períodos pode ser utilizado para avaliar de forma eficiente a intensidade e evolução da erosão ao longo dos anos, contribuindo assim para o estudo dos impactos ambientais e da suscetibilidade à erosão (Cândido *et al.* 2020; Zhou *et al.* 2023).

A utilização de diversos equipamentos como o receptor GPS geodésico (que utiliza o Sistema de Posicionamento Global – GPS), veículo aéreo não tripulável e georadar em pesquisas relacionadas à degradação dos solos vem crescendo mundialmente (Tedesco *et al.* 2014; Souza *et al.* 2017). Os resultados obtidos com o auxílio dessas ferramentas podem viabilizar várias ações de recuperação de áreas degradadas, estudos de impactos ambientais e de susceptibilidade do solo à erosão. Em estudo da erosão do solo na bacia hidrográfica do rio Darro, Fernandez *et al.* (2018) utilizaram SIG para processamento de informações pedoambientais. Os autores verificaram que o uso de geotecnologias possibilitou o adequado mapeamento da fragilidade ambiental e subsidiou a elaboração do plano de gestão da bacia hidrográfica e da restauração florestal.

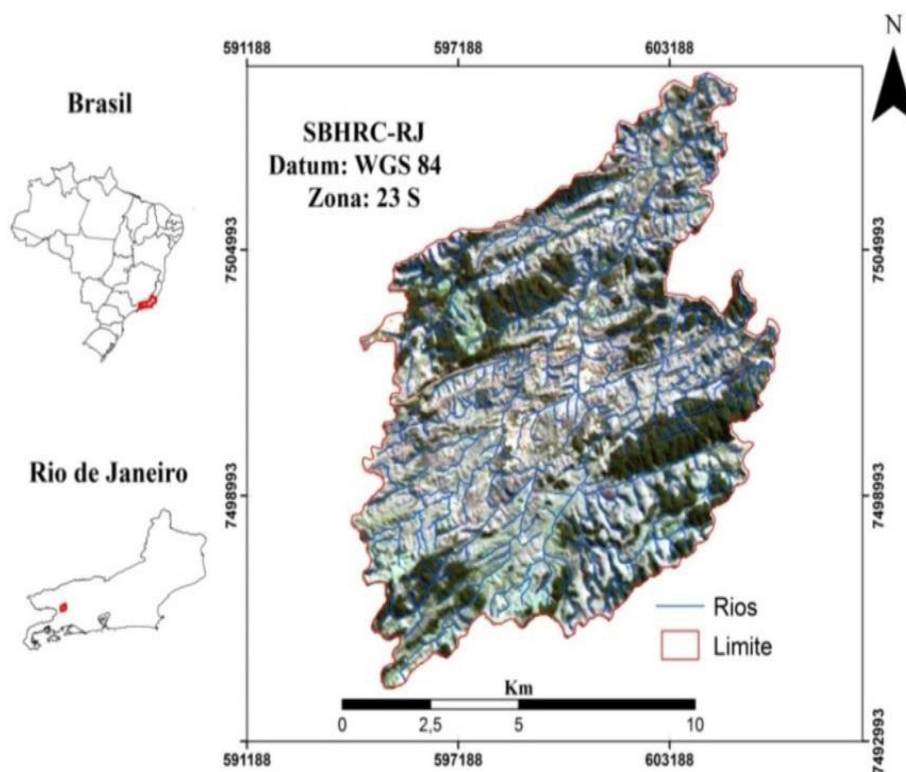
Nas últimas décadas houve aumento de interesse no estudo das voçorocas, entretanto, o uso de geotecnologias para avaliação da fragilidade do solo à erosão hídrica em áreas de ocorrência de voçorocas ainda é pouco explorado no Brasil. Dentre as regiões brasileiras com graves problemas de erosão, segundo Machado *et al.* (2010), destaca-se principalmente a região da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, na região Sudeste, caracterizada pelo domínio morfoclimático Mar de Morros, no qual predomina relevo fortemente acidentado. Associado a isso, o histórico de ocupação iniciado no século XIX com o cultivo do café e substituído pela pecuária extensiva com uso de fogo intensificou a degradação do solo e o surgimento de voçorocas. A partir do exposto, presume-se que a perda de nutrientes e de solo varia em função do estágio evolutivo e da morfologia das voçorocas. Assim, os objetivos foram (i) quantificar os atributos físicos e químicos das voçorocas; (ii) estimar a área das

voçorocas com fotografias aéreas obtidas com um drone; (iii) estimar as quantidades de solo e de nutrientes removidos por erosão; e (iv) classificar as voçorocas quanto aos estágios evolutivos.

Material e métodos

O estudo foi realizado na sub-bacia hidrográfica do ribeirão Cachimbal, que compreende grande parte do território do município de Pinheiral-RJ. O município está inserido na região do Médio Paraíba Fluminense, e localiza-se entre as latitudes 22° 29' 03"S e 22° 35' 27"S e entre as longitudes 43°54'49" W e 44°04'05" W (Figura 1).

Figura 1. Sub-bacia hidrográfica do ribeirão Cachimbal, Pinheiral - RJ.



O clima foi classificado como Cwa - clima temperado de inverno seco e verão chuvoso, e Am - clima tropical chuvoso com inverno seco segundo Koppen (Alvares *et al.* 2014), com precipitação média anual variando entre 1300 a 1500 mm ano⁻¹. A sub-bacia possui a altitude variando de 360 metros até 720 metros na serra do Arrozal, com cerca de 72% da sub-bacia correspondendo a encostas com declives, 22,3 % a várzeas estreitas e 5,7% zonas de topo de morro (Santos *et al.* 2016).

Os solos predominantes na sub-bacia do ribeirão Cachimbal são: na encosta os Argissolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos Háplicos, e no topo e terço superior da encosta os Latossolos Vermelho-Amarelos (Santos *et al.* 2017).

A região tem como vegetação original a Floresta Estacional Semidecidual Submontana, que no período colonial, através do intenso uso e ocupação, foi submetida às alterações sendo a vegetação nativa substituída pela cultura do café. Atualmente a cobertura vegetal predominante é constituída

por pastagens, implantadas e espontâneas não manejadas, com diferentes estágios de degradação (Silva *et al.* 2021).

No interior da sub-bacia foi selecionada uma vertente de exposição (Figura 2) de acordo com os resultados apresentados no estudo de Gaia-Gomes *et al.* (2020), com quatro voçorocas localizadas em feição de topografia (pedoforma) convexa. As voçorocas foram classificadas quando à sua morfologia, em inicial, juvenil, madura e senil.

O **estágio inicial** caracteriza-se pelo início do desenvolvimento dos sulcos devido à ação conjunta do escoamento superficial concentrado, declividade, precipitações pluviométricas, tipo de cobertura do solo e estrutura do solo, em um perfil irregular, com seção transversal em V, e paredes retilíneas não apresentando ramificações; para o **estágio juvenil** o processo de erosão se intensifica ocasionando formação de dutos, provocando alongamento, alargamento e aprofundamento do canal; o **estágio maduro** a feição apresenta ramificações com linhas irregulares, podendo apresentar seção transversal em U e fundo achatado, podendo ser observado movimentação de massa nas paredes, com alargamento e erosão vertical nas ramificações, além de desenvolvimento de cobertura vegetal no fundo e acomodamento dos processos erosivos; já no **estágio senil** a voçoroca apresenta leito com seção transversal em forma de U, linha de contorno pouco irregular, paredes com inclinação suave, cobertura vegetal em toda a área e leito coberto com depósitos aluviais, onde segundo autores inicia-se o processo de estabilização, com a colonização de espécies vegetais provenientes dos escorregamentos de massas do solo (Oka-Fiori e Soares 1976; Fendrich *et al.* 1991; Dobek *et al.* 2011; Gaia-Gomes *et al.* 2020).

Figura 2. Vertente de exposição selecionada e a disposição das voçorocas, onde: 1 – Madura, 2 – Senil, 3 – Juvenil, 4 – Inicial. Fonte: João Henrique Gaia Gomes (2017).



Para avaliação dos atributos químicos e físicos das voçorocas foram coletadas amostras deformadas e amostras indeformadas com auxílio de um anel de Kopectk na profundidade de 0,00 - 0,10 m, na

face interna de cada voçoroca. Na voçoroca classificada como inicial, foram coletadas 10 amostras deformadas e 10 indeformadas, na juvenil 12 amostras deformadas e 12 indeformadas, na madura 16 amostras deformadas e 16 indeformadas e na senil 18 amostras deformadas e 18 indeformadas para as profundidades analisadas amostragem essa considerada para que todas as dimensões das voçorocas fossem abrangidas.

Foram realizadas as seguintes análises: a) Ca^{2+} e Mg^{2+} (cmolc dm^{-3}) trocáveis extraídos com KCl 1 mol L^{-1} , analisados por titulometria; b) K^{+} e Na^{+} (cmolc dm^{-3}) extraídos pelo método Mehlich-1 e analisados por fotometria de chama, respectivamente; c) carbono orgânico total (COT) (g kg^{-1}) pela oxidação via úmida, com dicromato de potássio. O método utilizado para a determinação do carbono orgânico encontra-se descrito em Yeomans e Bremner (1988), e os demais em Teixeira *et al.* (2017).

Foi realizada a análise granulométrica para quantificar as seguintes frações do solo: areia total, areia grossa, areia fina, argila total, argila natural e silte, todos expressos em (g kg^{-1}), de acordo com Teixeira *et al.* (2017). A determinação da densidade do solo (Ds) foi realizada após a coleta, sendo as amostras secas em estufa a 105°C até atingirem peso constante e retiradas após 24 horas (Teixeira *et al.* 2017).

Foi realizado um voo sistematizado com posicionamento definido previamente utilizando o drone modelo Phantom 4 PRO (SZ DJI Technology Co, Ltd) sobre a vertente de exposição na qual se encontram as voçorocas estudadas a fim de levantar dados de morfologia (volume e área). No voo foram capturadas 84 imagens, posteriormente utilizadas na aerotriangulação de pontos chaves para montagem da cena da área, com 4 cm de resolução espacial, e assim obtendo uma ortofoto da área. O voo foi realizado em maio de 2017. A partir da aerotriangulação foi gerada uma nuvem de pontos de modo a preencher o volume, corte e aterro, em toda a superfície das voçorocas. Por meio do software Pix4Dmapper (Pix4D SA, Switzerland) foram estimados o volume (m^3) e a área (m^2).

Com os dados de Ds obtidos na análise de solo e o volume das voçorocas obtidos por meio do software Pix4Dmapper, foi estimada a massa de solo removida. De posse da massa total removida em cada voçoroca foi realizada a quantificação da perda de nutrientes e dos componentes granulométricos, ambos denominados atributos edáficos, conforme a Eq. 1:

$$MAER = \frac{MSTR * \text{Atributo Edáfico}}{100\%} * 1000 \quad (1)$$

em que,

MAER: Massa do atributo edáfico removida, em Megagrama (Mg).

MSTR: Massa de solo total removida, em Megagrama (Mg).

Resultados e discussão

Os valores para os atributos área, volume, Ds e massa de solo removida são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos edáficos quantificados nas diferentes voçorocas.

Estágio	Área (m ²)	Volume (m ³)	Ds ¹ (Mg m ⁻³)	Massa de Solo Removida (Mg)
Inicial	54,83	32,44	1,12	36,33
Juvenil	117,97	79,41	1,05	83,38
Madura	934,28	1637,93	1,14	1867,24
Senil	1069,23	1709,35	1,28	2187,97

1 Ds: densidade do solo.

Com relação à área das voçorocas, o aumento verificado entre os estágios evolutivos inicial (54,83 m²) e senil (1069,23 m²) foi de 18,5 vezes a área da voçoroca inicial. O maior aumento de área entre estágios subsequentes ocorreu entre o estágio juvenil ao maduro (6,92 vezes maior). A partir do estágio maduro o aumento de área é menos intenso com 14,44%, o que indica menores taxas de perda de solo. Padrão similar foi observado para o volume sendo o menor, 32,44 m³, no estágio inicial e o maior de 1709,35 m³ no senil, o que um aumento de 51,56 vezes referente ao volume do estágio inicial.

Quanto à massa de solo removida, o menor valor de 36,33 Mg foi quantificado na voçoroca inicial e o maior de 2187,97 Mg na senil, o que representa aumento expressivo na perda de solo em função do desenvolvimento da voçoroca. Esse padrão pode estar associado à maior suscetibilidade dos solos à erosão hídrica associada à baixa cobertura do solo e à falta de intervenção nas voçorocas, o que favorece o desprendimento e o carreamento das partículas do solo, sendo estas depositadas em diferentes locais na paisagem. Ao analisarem a perda de solo e de nutrientes em voçorocas com e sem intervenção na mesma região desse estudo, Machado *et al.* (2010) verificaram remoção de volumes de solo de respectivamente 6,50 m³ e 10,71 m³, o que representa 39,30% de redução das perdas de solo quando feita a intervenção conservacionista.

O padrão erosivo observado também pode estar relacionado à vertente de exposição, e à escala temporal de ocorrência dos estágios, visto que nos estágios iniciais podem ocorrer menores perdas de solo, e com o decorrer do processo, desde que medidas de contenção não sejam tomadas, gradativamente ocorre o aumento da voçoroca e da perda de solo. Segundo Golosov *et al.* (2017), o transporte de sedimentos provenientes dos processos erosivos é diretamente dependente da escala espacial e do uso do solo. Adicionalmente, as pedoformas convexas da região de estudo encontram-se sob ação constante de processos erosivos, que atuam diretamente na degradação do solo, o que aumenta a perda de solo, de água e de nutrientes (Tavares *et al.* 2017; Bogunovic *et al.* 2018).

Quanto aos atributos físicos do solo os menores valores de massa removida devido ao processo erosivo foram verificados na voçoroca em estágio senil e os maiores valores constatados no estágio juvenil, com exceção da areia total e areia grossa, com maior valor no estágio inicial (Tabela 2).

Em relação aos atributos químicos do solo, os menores valores de massa de solo removida no estágio inicial, com exceção do K⁺ e o Na⁺ que tiveram o comportamento contrário, apresentando seus maiores valores de massa removida no estágio inicial.

Quanto aos atributos físicos do solo, os menores valores de massa removida devido ao processo erosivo foram verificados na voçoroca em estágio classificado como senil, já os maiores valores foram verificados no estágio juvenil com exceção da areia total e da areia grossa que apresentaram seus maiores valores no estágio inicial.

Tabela 2. Massa dos atributos químicos (kg) e físicos (Mg) do solo removido.

Estágio	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	COT
Inicial	7,45	4,60	3,96	3,77	227,02
Juvenil	43,62	15,09	1,32	0,81	463,35
Madura	44,43	13,34	1,29	0,82	400,14
Senil	46,22	13,27	1,37	0,82	482,18
	Areia Total	Areia Fina	Areia Grossa	Argila Total	Argila Natural
Inicial	18,60	4,13	14,47	10,59	3,77
Juvenil	18,43	4,34	13,89	12,57	4,60
Madura	16,91	3,57	13,28	11,09	4,16
Senil	15,58	3,51	12,06	9,02	3,66

Quanto aos atributos químicos, os valores de Ca²⁺ e COT variam de 7,45 a 46,22 kg e 227,02 a 482,18 kg, respectivamente, com os menores valores associados à voçoroca em estágio inicial e os maiores a senil. Os menores valores observados na voçoroca em estágio inicial podem ser decorrentes do processo encontrar em sua fase inicial não tendo ainda havido tempo para uma grande remoção de nutrientes. Quanto a voçoroca em estágio senil, nessa se observa a ocorrência de espécies arbóreas e arbustivas na área, que além de contribuírem com o processo de estabilização favorecer a adição de matéria orgânica na forma de serapilheira, contribuindo para o aporte de carbono orgânico e nutrientes ao solo. Coutinho *et al.* (2017), em estudos realizados no município de Pinheiral verificou que em áreas abandonadas, inicia-se o processo de sucessão, sendo esse também observado em voçorocas.

O maior valor de Mg²⁺ removido (15,09 kg) foi observado na voçoroca classificada como juvenil, e o menor (4,60 kg) na inicial. Esse padrão pode estar relacionado ao fato desse elemento ser facilmente perdido principalmente adsorvido junto com sedimentos, via escoamento superficial (Pinheiro *et al.* 2010).

Com relação ao K⁺ e ao Na⁺ os maiores valores foram verificados na voçoroca inicial, sendo eles respectivamente, 3,96 kg e 3,77 kg. Já para os menores valores os de K⁺ (1,29 kg) para a voçoroca madura e os de Na⁺ (0,81 kg) na juvenil. Os maiores valores quantificados para esses elementos podem ser atribuídos a sua grande mobilidade no solo, estando associados a voçorocas em menor grau de degradação, que apresentam maiores quantidades de minerais primários facilmente intemperizáveis que podem contribuir para o fornecimento desses elementos por intemperismo. À medida que vai havendo a remoção de massa, a quantidade de minerais primários que apresentem esses íons em sua composição vai diminuindo, culminando com menores valores desses no material que é transportado, o que pode ser verificado nas voçorocas com diferentes graus de desenvolvimento.

Quanto aos atributos físicos a areia fina e argila natural terem apresentados os maiores valores na voçoroca classificada como juvenil, o padrão pode ser decorrente do processo estar em um estágio inicial ocorrendo em maior intensidade favorecendo a remoção dessas frações de menor granulometria de areia e a argila naturalmente dispersa. Os maiores valores para a argila total foram encontrados na voçoroca madura, em função do maior tempo de transporte e deposição de material, contribuindo para o aumento dessa fração granulométrica. Os maiores valores de argila total foram quantificados a jusante da voçoroca.

Os menores valores de massa de atributos físicos removidos verificados na voçoroca em estágio senil podendo estarem associados, ao seu padrão morfológico, o qual apresenta paredes com inclinação

suave, favorecendo ao escoamento superficial mais lento, e cobertura vegetal em toda a área e leito coberto com depósitos aluviais (Gaia-Gomes *et al.* 2020), tais características contribuem para a estabilização dos processos erosivos com a colonização de espécies vegetais oriundas do deslizamento de massa.

O maior teor de areia total removido foi de 18,60 Mg, com 14,47 Mg dessa massa correspondente a areia grossa, verificados na voçoroca em estágio inicial. Esse padrão pode estar relacionado ao efeito do escoamento superficial e subsuperficial da água, que ocorre de forma mais intensa. A fração areia apresenta baixa coesão, pode ser facilmente transportada. Solos com teores mais elevados de areia grossa apresentam uma menor agregação, e quando os agregados estão presentes possuem uma pequena resistência ao impacto das gotas de chuva, sendo mais suscetíveis à desagregação. Tais características associadas ao histórico de uso da terra e a declividade favorecem ao início do processo erosivo (Zhang *et al.* 2018).

A presença de cobertura vegetal atua como barreira física no escoamento das partículas do solo, o que pode ser observado na voçoroca em estágio senil, que se encontra em regeneração espontânea. Autores como Peñuela *et al.* (2015) que estudaram o efeito da inclinação e da rugosidade na conectividade de fluxo terrestre em escala de parcela, e, Zhang *et al.* (2018) que avaliaram os efeitos dos fatores topográficos no escoamento e perda de solo no sudoeste da China, consideram que a cobertura vegetal influencia diretamente na intensidade de erosão hídrica.

Para os atributos areia fina, argila natural e argila total os maiores valores foram respectivamente, 4,34 Mg, 4,60 Mg e 12,57 Mg, verificados na voçoroca classificada como juvenil, que segundo Gaia-Gomes *et al.* (2020) é nesse estágio que o processo de remoção de sedimentos ocorre intensamente havendo elevado carreamento de partículas.

Esse padrão também pode ser explicado pelo processo ativo de alteração estrutural que ocorre nessa classe de voçoroca, na qual o processo erosivo se intensifica, ocorrendo a evolução da feição erosiva e formação de dutos, alongamento, alargamento, aprofundamento do canal e grande carga de energia cinética, o que promove consequentemente a desagregação do solo e o carreamento de partículas de menor diâmetro e de baixa densidade, já que devido ao seu tamanho necessitam de menos energia cinética para o seu transporte.

Ao analisar os valores encontrados para a densidade do solo (Ds), verifica-se padrões distintos entre as voçorocas, sendo o menor valor observado na voçoroca em estágio juvenil (1,05 Mg m³) e o maior para o estágio senil (1,28 Mg m³).

A Ds é um reflexo das características estruturais dos solos, o que possibilita prever a expressão de processos erosivos (Correa *et al.* 2014). A voçoroca em estágio senil possui maiores dimensões, sendo a mais profunda em comparação a juvenil, que se encontra com leito mais raso e com leve inclinação, esse fato pode estar influenciando em valores mais baixos de Ds, visto que, estes tendem a aumentar em profundidade, em função do adensamento ocorrido pela pressão exercida pelas camadas superiores sobre as subjacentes reduzindo a porosidade e provocando a compactação.

Conclusão

Com o avanço do estágio evolutivo das voçorocas pode-se estimar, para o local de estudo, o aumento crescente da perda de solo e de nutrientes. Verificou-se que o teor de areia total, com participação expressiva da areia grossa, é removido com maior intensidade no estágio inicial, e no

estágio seguinte, juvenil, ocorreu as maiores perdas da areia fina e argila natural, sendo no estágio maduro observado as maiores perdas de argila total, e no estágio senil constato as menores modificações nas propriedades físicas. Adicionalmente, as estimativas de área, volume e massa de solo removida das voçorocas expressaram valores que corroboram com o avanço no processo erosivo. No tocante aos atributos químicos, foi verificado que houve perdas expressivas de K^+ e Na^+ na voçoroca em estágio inicial, de Mg^{2+} no juvenil, e de Ca^{2+} e carbono no senil. A partir do exposto, tais valores demonstram a cronologia do processo de degradação do solo sob o ponto de vista físico e químico, como também o início da estabilização da voçoroca no estágio mais avançado.

Participação dos autores: JHGG – Conceituação, Curadoria de dados, Análise formal, Metodologia e Redação – rascunho original e revisão; JSR, MMB – Conceituação, Análise formal, Metodologia e Redação – rascunho original; CAS – Conceituação, Análise formal, Metodologia e Redação – revisão e edição; RSS – Metodologia e Redação – rascunho original; MGP – Captação de recurso, Administração de Projeto, Supervisão, Conceituação, Curadoria de dados, Análise formal, Metodologia e Redação – revisão e edição.

Aprovação ética ou licenças de pesquisa: Não se aplica

Disponibilidade dos dados: Manuscrito oriundo da tese de doutorado está disponível no repositório da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Link: <https://tede.ufrrj.br/jspui/handle/jspui/6082>

Fomento: Faperj.

Conflito de Interesses: Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Referências

- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, De Moraes Gonçalves JL, Sparovek G. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22(6):711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Bocuti ED, Amorim RSS, Santos TG, Di Raimo LAL, Pereira HG. 2019. Interrill erodibility and its relationship with attributes of Cerrado soils. *Revista de Ciências Agrárias* 42(1):68-78. <https://doi.org/10.19084/RCA18130>
- Bogunovic I, Pereira P, Kusic I, Sajko K, Sraka M. 2018. Tillage management impacts on soil compaction, erosion and crop yield in Stagnosols (Croatia). *Catena* 160:376-384. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.10.009>
- Cândido BM, James M, Quinton J, Lima W, Silva MLN. 2020. Sediment source and volume of soil erosion in a gully system using UAV photogrammetry. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 44. <https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20200076>
- Cassol EA e Lima VS. 2003. Erosão em entressulcos sob diferentes tipos de preparo e manejo do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38(1):117-124. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2003000100016>
- Correa EA, Moraes IC, Guedes Junior E, Couto Junior A, Pinto SAF. 2014. Resistência à penetração e densidade do solo como indicadores na análise da susceptibilidade a erosão hídrica dos solos. *Revista Geonorte* 10:141-146.
- Coutinho FS, Pereira MG, Tostes JO, Francelino MR, Gaia-Gomes JH. 2017. Application of Georadar in Areas with Different Vegetation Cover. *Floresta e Ambiente* 24:1-8. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.001116>
- Dobek K, Demczuk P, Rodzik J, Holub B. 2011. Types of gullies and conditions of their development in silvicultural loess catchment (Szczepczeszyn Roztocze region, Poland). *Landform Anal* 17:39-42.
- Fendrich R, Oblanden NL, Aisse MM, Garcias CM. 1991. Drenagem e controle da erosão urbana. 442 p.








- Fernandez P, Delgado E, Lopez-Alonso M, Poyatos JM. 2018. GIS environmental information analysis of the Darro River basin as the key for the management and hydrological forest restoration. *Science of the Total Environment* 613:1154-1164. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.190>
- Gaia-Gomes JH, Pereira MG, Francelino MR, Laranjeira JP. 2020. B. Physical and chemical attributes of soil on gully erosion in the Atlantic forest biome, *Revista Ambiente e Água* 15(1):1-15. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2459>
- Gaia-Gomes JH, Pereira MG, Santos GL, Delgado RC. 2018. Physical Parameters of the Cachimbal River Sub-basin Associated to Landscape Change in Pinheiral-RJ, Brazil. *Bioscience Journal* 34(2):268-278. <http://dx.doi.org/10.14393/BJ-v34n2a2018-36959>
- Golosov V, Collins AL, Tang O, Zhang X, Zhou P, He X, Wen A. 2018. Sediment transfer at different spatial and temporal scales in the Sichuan Hilly Basin, China: Synthesizing data from multiple approaches and preliminary interpretation in the context of climatic and anthropogenic drivers. *Science of the Total Environment* 598:319–329. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.133>
- Krenz, J, Greenwood P, Kuhn N. 2019. Soil degradation mapping in drylands using unmanned aerial vehicle (UAV) data. *Soil Systems* 33(3) 1-20. <https://doi.org/10.3390/soilsystems3020033>
- Machado RL, Resende AS, Campello EFC, Oliveira JA, Franco AA. 2010. Soil and nutrient losses in erosion gullies at different degrees of restoration. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 34:945-954. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000300036>
- Mhazo N, Chivenge P, Chaplot V. 2016. Tillage impact on soil by water: discrepancies due to climate and soil characteristics. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 230:231-241. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.04.033>
- Nobajas A, Waller RI, Robinson ZP, Sangonzalo R. 2017. Too much of a good thing? The role of detailed UAV imagery in characterizing large-scale badland drainage characteristics in South-Eastern Spain. *International Journal of Remote Sensing and Remote Sensing Letters* 38:2844–2860. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1274450>
- Oka-Fiori C e Soares PC. 1976. Aspectos evolutivos das voçorocas. *Notícia Geomorfológica*. Campinas, Brasil. 32p.
- Oliveira FF, Santos RES, Araujo RC. 2018. Erosive processes: dynamics, causing agents and conditioning factors, *Revista Brasileira de Iniciação Científica* 5(3):60-83.
- Oliveira LD, Alves WS, Castro RM, Pereira MAB, Morais WA, Possa EM. 2023a. Estimativa da erosão hídrica em uma bacia hidrográfica no estado de Goiás (Brasil) por meio de modelagem e inteligência geoespacial. *Revista Brasileira de Geografia Física* 16(1):81-100. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.1.p081-100>
- Oliveira MAT, Lemos R, Pinto LR. 2023b. Pode uma voçoroca resultar da evolução de voçorocas conectadas e desconectadas. *Revista Brasileira de Geomorfologia* 24(3):1-35. <http://doi.org/10.20502/rbg.v24i00.2372>
- Peñuela A, Javaux M, Bièdiers CL. 2015. How do slope and surface roughness affect plot-scale overland flow connectivity? *Journal Hydrology* 528:192–205. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.06.031>
- Pinheiro DTC, Costa CC, Motta LL, Godinho FC, Silva JV. 2010. Monitoramento da fertilidade do solo submetido à erosão hídrica em área cultivada com *Eucalyptus* sp. *Revista Agrogeoambiental* 2:57-65. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v2n12010252>
- Rubira FG, Melo GV, Oliveira FKS. 2016. Proposta de padronização dos conceitos de erosão em ambientes úmidos de encosta. *Revista de Geografia* 33(1):169-193.
- Santos GL, Pereira MG, Lima SS, Ceddia MB, Mendonça VMM, Delgado RC. 2016. Landform curvature and its effect on the spatial variability of soil attributes, Pinheiral-RJ/BR. *Cerne* 22:431-438. <https://doi.org/10.1590/01047760201622042184>
- Santos GL, Pereira MG, Delgado R C, Moraes LFD. 2017. Padrões da regeneração natural na região de Mar de Morros, Pinheiral-RJ. *Revista Floresta e Ambiente* 24:1-11. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.008115>

- Santos JCN, Andrade EM, Medeiro PHA, Guerreiro MJS, Palácio HÁQ. 2017. Land use impact on soil erosion at different scales in the Brazilian semi-arid. *Revista Ciência Agronômica* 48:251-260. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170029>
- Silva CF, Pereira MG, Pinto LASR, Teodoro AS, Fontes MA, Gaia-Gomes JH, Silva EMR. 2021. Soil attributes as indicators of the stabilization process of erosion in gullies at different formation stages in the southeast region of Brazil. *Ambiente e Água* 16(4):1-18. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2632>
- Souza NC, Pitombo C, Cunha AL, Larocca APC, Allmeida Filho GS. 2017. Classification model of gully erosion process along of railway line through Decision Tree algorithm and geotechnology. *Boletim de Ciências Geodésicas* 23(1):72-86. <https://doi.org/10.1590/S1982-21702017000100005>
- Tavares AS, Júnior HM, Spalevic V, Mincato RL. 2017. Models of water erosion and soil loss tolerance in dystrophic oxisols in southern Minas Gerais. *Revista do Departamento de Geografia* 12:268-277. <https://doi.org/10.11606/rdg.v0i0.132694>
- Tedesco A, Antunes AFB, Oliani LO. 2014. Gully erosion detection by hierarchical classification and tree decision. *Boletim de Ciências Geodésicas* 20(4):1005-102. <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702014000400055>
- Teixeira PC, Donagemma GK, Fontana A, Teixeira WG. 2017. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 3. ed. revista e ampliada. Embrapa. 573 p.
- Viel JA, Rosa KK, Hoff R. 2017. Estudo da erosão superficial do solo por meio de sig na região da denominação de origem vale dos vinhedos (Brasil). *Revista Brasileira de Geomorfologia* 18(3):521-533. <https://doi.org/10.20502/rbg.v18i3.1197>
- Wang Y, He W, Zhang T, Zhang Y, Cao L. 2022. Adapting the WEPP Hillslope Model and the TLS technology to predict unpaved road soil erosion. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(15):9213. <https://doi.org/10.3390/ijerph19159213>
- Yeomans JC e Bremner JM. 1988. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 19:1467-1476.
- Zhang X, Hu M, Guo X, Yang H, Zhang Z, Zhang K. 2018. Effects of topographic factors on runoff and soil loss in Southwest China. *Catena* 160:394-402. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.10.013>
- Zhou X, Wei Y, He J, Cai C. 2023. Estimation of gully erosion rate and its determinants in a granite area of southeast China. *Geoderma* 429:116223. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116223>
- Zuo Z, Wang H, Ding S, Wu Y. 2022. Effect of rill development on slope erosion and sediment yield based on stereophotogrammetry technology. *Water* 14(19):2951. <https://doi.org/10.3390/w14192951>



Esta obra está licenciada com uma *Licença Creative Commons Atribuição Não-Comercial 4.0 Internacional*.

Development and characterization of cupuaçu melomel (*Theobroma grandiflorum*.)

Bianca Gabrielle Oliveira Perote^{1*} , Icaro Rosas Dirane¹ , Charline Soares dos Santos Rolim^{1,2} , Leonardo do Nascimento Rolim^{1,3} , Jocélia Pinheiro Santos^{1,4} , Sérgio Dantas de Oliveira Júnior^{1,5} , Wenderson Gomes dos Santos^{1,6} 

1 Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Campus Setor Sul, Manaus - AM, 69067-005, Brazil.

2 Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Praça Primavera, 40 -Bairro Primavera, Itapetinga -BA, Brazil, 45.700-000.

3 Programa de Pós-Graduação em Biologia de Fungos pela Universidade Federal de Pernambuco, Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE, Brazil, 50670-901.

4 Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Av. Gen. Rodrigo Otávio, 6200, Coroado I, Manaus, AM, Brazil, 69080-900.

5 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Av. André Araújo, Petrópolis, 2935, Manaus, AM, Brazil, 69057-375.

6 Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Pará, Rua Vera Paz, s/n (Unidade Tapajós) Bairro Salé, Santarém, Pará, Brazil, 68040-255.

*Corresponding author. Email address: bgoperote@gmail.com

Received 25 October 2023.

Accepted 28 January 2024.

Published 8 March 2024.

Abstract - Mead is an alcoholic drink obtained by fermenting a diluted solution of honey, while melomel is a variant of the drink that includes flavorings. Cupuaçu is a fleshy Amazonian fruit with a unique flavor and bioactive properties. The study aims to develop and characterize cupuaçu honey using two commercial yeast strains, *Saccharomyces cerevisiae* (T-58) and *Saccharomyces bayanus* (Red Star). The mead formulations varied between different concentrations of cupuaçu in the must, followed by evaluations including microbiological analyses, physicochemical properties, bioactive compounds and antioxidant capacity. The samples showed no microbial contamination, indicating that the processing followed good manufacturing practices and complied with current legislation. The yeasts used showed normal must attenuation behavior, resulting in an alcohol content of around 9%. There were variations in the levels of phenolic compounds between the samples, with the most significant value being found in the sample using *Saccharomyces bayanus* (Red Star) with 20% cupuaçu, with a content of 14.40%. Therefore, melomel is a technological product that serves as an alternative for honey producers, opening up possibilities for the production of phenolic compounds.

Keywords: Regional Fruits. Product Development. Fermented drinks.

Desenvolvimento e caracterização do melomel de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*.)

Resumo - O hidromel é uma bebida alcoólica obtida por fermentação de uma solução diluída de mel, enquanto o melomel é uma variante da bebida que inclui aromas. O cupuaçu é um fruto carnoso da Amazônia com um sabor único e propriedades bioativas. O estudo tem como objetivo desenvolver e caracterizar o mel de cupuaçu utilizando duas linhagens de leveduras comerciais, *Saccharomyces cerevisiae* (T-58) e *Saccharomyces bayanus* (Red Star). As formulações de hidromel variaram entre diferentes concentrações de cupuaçu no mosto, seguidas de avaliações incluindo análises microbiológicas, propriedades físico-químicas, compostos bioativos e capacidade antioxidante. As amostras não apresentaram contaminação microbiana, indicando que o processamento seguiu as boas práticas de fabricação e atendeu à legislação vigente. As leveduras utilizadas apresentaram um comportamento normal de atenuação do mosto, resultando num teor alcoólico de cerca de 9%. Houve variações nos teores de compostos fenólicos entre as amostras, sendo o valor mais significativo encontrado na amostra utilizando *Saccharomyces bayanus* (Red Star) com 20% de cupuaçu, com teor de 14,40%. Portanto, o melomel apresenta-se como um produto tecnológico, servindo como alternativa para os produtores de mel, abrindo possibilidades para a produção de compostos fenólicos.

Palavras-chave: Frutas Regionais. Desenvolvimento de Produtos. Bebidas fermentadas.

Desarrollo y caracterización del cupuaçu melomel (*Theobroma grandiflorum*.)

Resumen - El hidromiel es una bebida alcohólica obtenida por fermentación de una solución diluida de miel, mientras que el melomel es una variante de la bebida que incluye aromas. El cupuaçu es un fruto carnoso amazónico con un sabor único y propiedades bioactivas. El estudio pretende desarrollar y caracterizar la miel de cupuaçu utilizando dos cepas comerciales de levadura, *Saccharomyces cerevisiae* (T-58) y *Saccharomyces bayanus* (Red Star). Las formulaciones de hidromiel variaron entre diferentes concentraciones de cupuaçu en el mosto, seguidas de evaluaciones que incluyeron análisis microbiológicos, propiedades físico-químicas, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante. Las muestras no mostraron contaminación microbiana, lo que indica que la laboración siguió las buenas prácticas de fabricación y cumplió la legislación vigente. Las levaduras utilizadas mostraron un comportamiento normal de atenuación del mosto, lo que dio lugar a una graduación alcohólica en torno al 9%. Hubo variaciones en los niveles de compuestos fenólicos entre las muestras, encontrándose el valor más significativo en la muestra que utilizó *Saccharomyces bayanus* (Red Star) con 20% de cupuaçu, con un contenido de 14,40%. Por lo tanto, el melomel es un producto tecnológico que sirve como alternativa para los productores de miel, abriendo posibilidades para la producción de compuestos fenólicos.

Palabras clave: Frutas Regionales. Desarrollo de Productos. Bebidas fermentadas.

Introduction

The current situation of beekeepers in communities due to the large extent of the territory of the state of Amazonas, reflects the importance of seeking viable production alternatives that can add value to their products, contributing to income generation and the quality of life of producers.

Brazil is one of the countries with the highest fruit production in the world, according to (FAO 2020), about 14% of food is lost between harvest and sale – in the case of fruits and vegetables, more than 20% is lost, so the post-harvest waste of some crops generates many losses. Thus, there is a need to develop technological processes that allow the reduction of post-harvest losses and at the same time provide an increase in the income of rural producers (Dias 2003; Gomes 2007).

Honey is a natural product, resulting from the processing of flower nectar and other non-flowers parts by bees. This product is widely consumed due to its pleasant taste and because it represents an important source of energy (Uchoa 2016). It can undergo changes in its physical-chemical properties according to the harvest period, possibly attributed to climatic conditions (Okaneku 2020).

Adding value to honey by transforming it into mead can be an alternative for the development of the region. This alcoholic beverage is appreciated in almost everyone with several reported ethnological announced, however, scientific research on it is still uncommon (Teramoto 2005).

However, taking advantage of the biodiversity that the Amazon provides, it is necessary to add flavors and aromas to this drink. Thus, the addition of fruit pulp or juice, such as cupuaçu, provides the development of a unique drink called melomel. The addition of fruits to mead must is a parameter still with little scientific proof in Brazil. Second (Ribeiro 2017), the influence of the addition of fruit to the mead mash is a parameter 16 still little studied in Brazil, like cupuaçu. It is a handcrafted and small-scale beverage, most often by beekeepers. This beverage still does not motivate the commercial interest on the part of the Brazilian beverage industry, whether large, medium or small. In addition to this basic formulation, the must, as this mixture is called, can be added with herbs and/or fruits, generating fermented beverages of the most varied colors and flavors (Vargas 1999; Mcconnell and Schramm 2003).

One of the fruits that can bring pleasant flavors to this drink is cupuaçu, one of the most important typically Amazonian fruits. Its economic value is found in the pulp, which is consumed in the form of juice, nectar, yogurt, ice cream, cream, liquor, pie, jelly, jam, biscuit, ice cream, and other sweets, which, for the most part, are processed by handcraft form, on small production scales. (Cohen e Jackix 2005). According to (Melo *et al.* 2021), due to its characteristics of a great source of vitamin C, which gives it acidic characteristics, and strong anti-inflammatory action, cupuaçu brings many benefits to human health and is of great importance in the diet.

Cupuaçu is also an important food supplement that, lately, has been widely consumed mainly due to its various beneficial properties to health, such as antimicrobial activity, healing properties and antioxidants. (Socha and Pinheiro 2022) says that the fruit has aroused the interest of researchers due to its high economic potential and nutritional values. They are used in the preparation of various food products, as long as the appropriate technology is applied.

Thus, the present work aims to develop and characterize cupuaçu melomel obtained from two strains, *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces bayanus*, proposing a new product for commercialization.

Material and methods

Materials

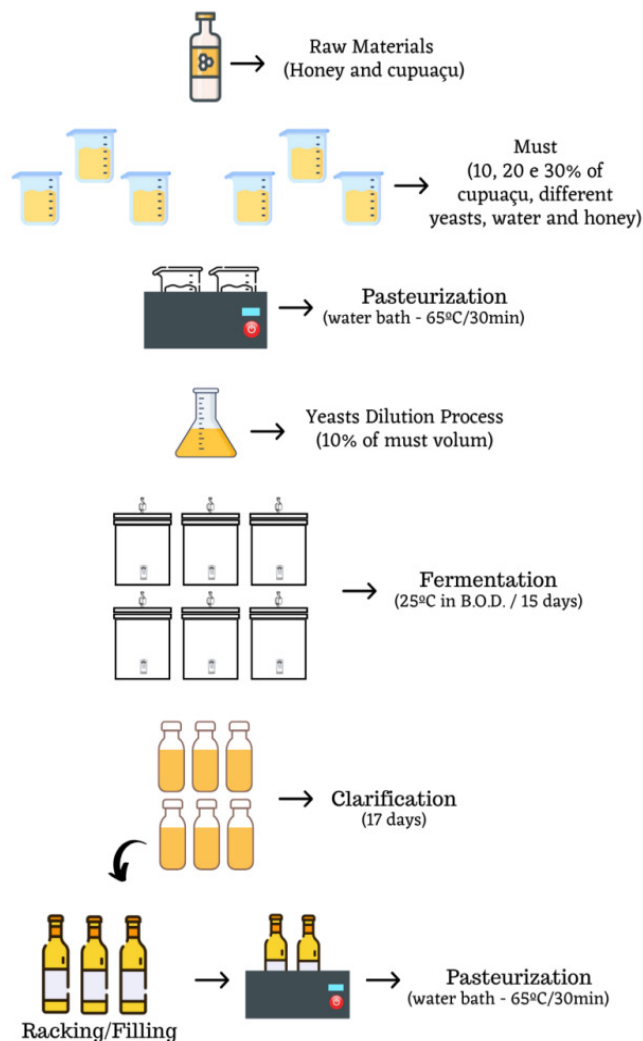
Honey was obtained from Feira do Mel – Flor do Amazonas, while cupuaçu pulp was purchased from local businesses in the city of Manaus - AM, Brazil.

The present study analyzed the fermentative development of the *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces bayanus* strains, the two commercial yeast brands (Fermentis (T-58) and Champgne Red Star (Premier Blanc), respectively, acquired through the Mercado Livre website.

Products development

The production and characterization of melomel followed the methodology described by (Mattietto *et al.* 2006; Arruda *et al.* 2007), with adaptations. The project was developed in the laboratory of Applied Thermodynamics of the Faculty of Agricultural Sciences of the Universidade Federal do Amazonas, where the fermentative tests were carried out, as shown in Figure 1.

Figure 1. Flowchart of melomel processing.



Source: Adapted from Arruda *et al.* (2007) and Santos and Santos (2023).

Hygienization of materials

Following the project planning, all containers and materials were sanitized, washed with water and detergent, in addition to the presence of alcohol at all stages. During the handling of objects, care must be taken not to contaminate them, so the need for a coat, cap, mask, and good laboratory practices.

Must

A total of 7,500ml of must were produced, divided into 2 batches. In each batch, the honey was diluted in water until it reached a total soluble solids value of 25° Brix, soon after dilution, the must was pasteurized at 65° C for 30 min, table 1 shows the formulations for each fermentation.

Table 1. Formulation used to produce the cupuaçu melomel.

Melomel	Formulations		
	Cupuaçu	Must (V/V)	Yeast (P/V)
1-B-1	10%	2250ml	1.125g
1-B-2	20%	2000ml	1g
1-B-3	25%	1875ml	0.9375g
2-B-1	10%	2250ml	1.125g
2-B-2	20%	2000ml	1g
2-B-3	25%	1875ml	0.9375g

The first batch was used with the yeast *Saccharomyces cerevisiae* and the second batch with the yeast *Saccharomyces bayanus*, following the label guidelines, 11.5 g to produce 20 L.

Yeast dilution

In order to increase the number of yeasts and accelerate the fermentation process, 3 yeasts dilution process were produced for each batch, using *Saccharomyces cerevisiae* yeasts for the first batch (brand T-58) and *Saccharomyces bayanus* (brand Red Star). The first batch was used with *Saccharomyces cerevisiae* yeast and the second batch with *Saccharomyces bayanus* yeasts, following the label guideline, 11,5 g to produce 20 L.

Clarification

Following the label guidelines (25 ml to each 2g), the amounts of gelatin for each melomel were calculated, as shown in Table 2. At this moment, the melomel was transferred to the containers where the clarification occurred, during the following days the homogenization of the melomel was observed.

Table 2. Amounts of clarifier for each melomel sample.

Melomel	1	2	3
CLARIFYING	12 ml	10.2 ml	8.4 ml

Filling and pasteurization

After 17 days of clarification, the material from the first batch was transferred to sanitized, sealed and pasteurized glass bottles again at 65°C for 30 min.

Microbiological assessment

The analyzes were made following the methodologies of (MAPA 2003). When microbiologically analyzing the samples, 3 culture media were required: one simple for microorganisms in general, one selective for gram-negative bacteria (coliforms) and one selective for fungi. The media used were Nutrient Agar (simple, for general growth), MacConkey Agar (selective, for gram-negative bacteria, observation of coliforms) and Nutrient Agar plus 0.1% chloramphenicol (selective, for fungal analysis).

Samples were contained in 50 ml falcon tubes and stirred for homogenization. 100µl of each sample were inoculated into petri dishes with their respective culture media. With the aid of the drigalski spatula, the inoculum was spread over the entire surface of the dish.

The analysis was performed in duplicates, after the inoculations of the dishes, they were taken to a bacteriological oven at 37°C for 48 hours. After the bacteriological oven period, the samples are taken to verify the microbiological development.

Physicochemical analysis

After the two batches produced and fermented, the physicochemical characteristics were analyzed, according to the official methodologies of the Adolfo Lutz Institute (IAL 2008). All analyses were expressed as mean ± standard deviation of percent inhibition.

Total titratable acidity: Total acidity quantifies how acidic or sour the food tastes. Analysis carried out according to A.O.A.C. methodologies (1992):

Volatile Acidity: the sample is titrated before (total acidity) and after evaporation (non-volatile or fixed acidity), and by difference between the titrations we have the % of volatile acidity (EMBRAPA 2010):

$$\text{Volatile acidity} = \text{total acidity} - \text{fixed acidity}$$

Fixed Acidity the determination of fixed acidity, through the calculation taken from (Felisbino 2017):

$$AC = TA - VA$$

TA= total acidity

VA= Volatile acidity

pH with the pHmeter aid;

Total Soluble Solids (TSS) with refractometer aid;

Alcohol content: The determination of the % of alcohol by volume was carried out according to (Lima 2021).

Ash: Corresponds to the residue from the incineration of the sample, taken from (Felisbino 2017), carried out using 20 ml of each formulation and taken to the muffle, in triplicate, at 550°C.

Analysis of *in vitro* antioxidant activity

To analyze the antioxidant activities, the extracts were obtained, where the material was initially subjected to lyophilization to proceed with the evaluation of phenolic compounds and antioxidant activity. After lyophilization, samples were suspended from DMSO (10 mg/ 1 mL).

Quantification of Total Phenolic Compounds (TPC)

The content of total phenolic compounds was estimated according to (Pires 2017), using the Folin-Ciocalteu reagent. To this, 20 µL extracts, 200 µL of water, 20 µL of Folin-Ciocalteu reagent and 60 µL of 10% sodium carbonate solution were added. After homogenization, the reaction mixture remained under rest for 30 min, protected from light and, subsequently, spectrophotometric readings (SYNERGY H1, BioTek, USA) were taken at 760 nm. Gallic acid was used as standard and the results expressed as micrograms of Gallic Acid Equivalence (GAE) per mg of sample.

Quantification of flavonoids

The flavonoid content was evaluated according to the methodology described by (Chang 2012), where the sample (25 µL) was homogenized together with water (152.5 µL) and sodium nitrite (5%, 7.5 µL). After 6 minutes, aluminum chloride (10%, 15 µL) was added and incubated for 5 minutes at room temperature. Finally, sodium hydroxide (1 M, 50 µL) was added and the reaction mixture was incubated for 15 minutes at room temperature. With the aid of a microplate reader, the absorbance was recorded at 510 nm, and the results were expressed in micrograms of equivalence with quercetin (EQ) per mg of sample.

Antioxidant potential of extracts

The antioxidant activity of the extracts was determined according to the methods of DPPH•, ABTS•+, reducing power and chelating ability, according to methodologies adapted for 96-well microplates, by (Khatua *et al.* 2017).

DPPH radical inhibition

In this assay, 180 μL of DPPH• (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, 4 mg.mL⁻¹) was incubated with 20 μL of the extracts for 30 minutes, in the dark. After the incubation time, absorbances were obtained at a wavelength of 595 nm.

ABTS•+ radical inhibition

For the determination of the antioxidant potential by the method employing ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic) acid), initially, a stock solution of radical ABTS was prepared by the reaction of ABTS (7 mM) and potassium persulfate (2.45 mM) for 16 hours, in the dark, at room temperature. Subsequently, the solution was diluted in ethanol to an absorbance between 0.8 and 1.0 at 754 nm. The assay consisted of incubating 180 μL of ABTS•+ with 20 μL of the extracts for 5 minutes in the dark, with subsequent recording of absorbance at 754 nm. Results were expressed as mean \pm standard deviation of percent inhibition.

Chelating Ability

The determination of the chelating ability on the Fe²⁺ ion was performed by incubating 100 μL of the samples with 5 μL of iron chloride II (3 mM), 10 μL of ferrozine solution (0.12 mM) and 85 μL of distilled water for 15 minutes, with subsequent spectrophotometric readings at 562 nm. Results were expressed as mean \pm standard deviation of percent inhibition.

Reducing Power

For the determination of the reducing power, 10 μL of the samples were incubated with 25 μL of phosphate buffer (0.2 M, pH 6.6) and 25 μL of potassium ferrocyanide (1%), for 20 minutes, at room temperature (25 \pm 2 °C). Subsequently, 25 μL of trichloroacetic acid (10% v:v), 85 μL of distilled water and 8.5 μL of iron chloride III were added, performing an incubation for another 15 minutes and consecutive reading at 750 nm. The results were expressed in absorbance units, where a higher value indicates greater reduction power of the samples.

Results and Discussion

After complete fermentation of the melomel, the formulations were subjected to microbiological, physicochemical and antioxidant analyses. For all the analyzes carried out, the results found respect what the legislation recommends.

Microbiological evaluation

For the three culture media, the results were negative for contamination, remembering that the Nutrient Agar culture medium presents microorganisms in general, MacConkey Agar shows if there are gram-negative bacteria, specifically *Escherichia coli* (fecal contamination bioindicator) and Nutrient Agar with addition of 1% chloramphenicol, for observation of fungi only.

It was observed that this production presented good results and maintained the characteristics of the product according to the current legislation, for both yeasts. According to (Alves 2009) this absence of the microorganisms studied may have been favored by the pH range found in the samples analyzed by the pH range found in the samples analyzed. It can also be said that these negative results are related to the acidic pH of the drink, as well as the microbiological analyses, which are the result of good laboratory practices in the handling and production of melomel.

Translated with DeepL.com (free version) It can be said that these negative results presented in relation to the microbiological analyses are the result of good laboratory practices for handling and production of melomel.

Physicochemical Evaluation

Through the physicochemical analyzes performed on melomel, the characteristics shown in Table 3 were analyzed. For the total acidity, volatile acidity and fixed acidity indices, according to Normative Instruction N°. 34 of November 29 (MAPA 2012), satisfactory results were obtained for all samples.

The total acidity results were similar to those found by (Pereira 2014) and (Lima 2021), which produced cupuaçu mead and melomel, respectively. Pereira found acidity of 87.77 meq/L while Lima found total acidity of 50.12 meq/L for T-58 yeast and 62.17 meq/L for Red Star yeast

In the first batch, carried out with the yeast *Fermentis* (T-58), it was observed that there was an increase in total acidity of 21.10 meq/L when the concentration of cupuaçu pulp was increased from 10% to 20%, the total acidity value for the concentration of 25% remained unchanged. Nevertheless, the second batch carried out with the Red Star yeast (*premier blanc*) it was possible to analyze a difference of only 2.3 meq/L when the concentration of cupuaçu was increased from 10% to 20%, the constant remained the same total acidity value for a concentration of 25%, the relatively smaller difference compared to melomel produced with the yeast *Fermentis* (T-58).

Table 3. Mean values \pm standard deviation, analyzing the total acidity, volatile acidity and fixed acidity of melomel samples.

Parameters	AT= Total Acidity	VOLATILE ACIDITY	FIXED ACIDITY
1-B-1	72.7 ^b \pm 0.050	7.7 ^a \pm 0.3536	64.9 ^b \pm 3.6670
1-B-2	93.8 ^a \pm 0.000	5.5 ^a \pm 0.7071	88.3 ^a \pm 0.7071
1-B-3	93.8 ^a \pm 0.000	5.2 ^a \pm 0.3535	88.5 ^a \pm 0.3535
2-B-1	96.1 ^a \pm 0.050	5.0 ^b \pm 0.0000	91.1 ^a \pm 3.3163
2-B-2	93.8 ^a \pm 0.000	5.0 ^b \pm 0.0000	88.8 ^a \pm 0.0000
2-B-3	93.8 ^a \pm 0.000	7.0 ^b \pm 0.7071	86.7 ^a \pm 0.0707
FCal	42.8	22.073	45.96
CV%	8.917	19.89	11.17

The results presented refer to the means of the determinations in triplicates, followed by the respective standard deviation (Analysis of variance - ANOVA and Tukey's test).

There was a difference of 23.4 meq/L between the total acidity result of the first formulation of the 1st batch compared to the first formulation of the 2nd batch. It can be stated that only experiment 1-B-1 (10% cupuaçu pulp and T-58 yeast) differed statistically from the averages of the other experiments, for total and fixed acidity, indicating a product with lower acidity.

Analyzing the pH values in Table 4, the variations between the samples were very small, being less than four and greater than three ($3.48 < \text{pH} < 3.66$). The analysis of variance showed that there is no statistically significant difference between the means for this parameter, that is, even with lower pH, the transformation of sugars into alcohol was stabilized.

It was verified that both the *Saccharomyces cerevisiae Fermentis strain* (T-58) and the Red Star champagne strain (premier blanc) processed the substrate well and transformed it into a product (alcohol) obtaining values approximating 9%, respecting the values found in the legislation, all samples presented values between 4 and 14%, according to IN N^o. 34 (MAPA 2012).

The total soluble solids values for the two batches showed little differentiation, and can be classified according to Normative Instruction N^o. 34, of November 29 (MAPA 2012) as mild melomel.

Table 4. Mean values \pm standard deviation of the physicochemical parameters of the cupuaçu melomel samples.

Parameters	Ash (g/L)	TSS (°Brix)	pH (24°C)	Alcohol content (%)
1-B-1	4.12 ^a \pm 0.10	8.5 ^c \pm 0.00	3.57 ^a \pm 0.010	8.92 ^c \pm 0.000
1-B-2	5.04 ^a \pm 0.68	7.75 ^b \pm 0.05	3.48 ^a \pm 0.005	9.32 ^b \pm 0.038
1-B-3	4.59 ^a \pm 0.39	7.0 ^a \pm 0.00	3.54 ^a \pm 0.005	9.73 ^a \pm 0.000
2-B-1	5.12 ^a \pm 0.54	7.0 ^a \pm 0.05	3.52 ^a \pm 0.005	9.70 ^a \pm 0.038
2-B-2	6.12 ^a \pm 0.86	7.8 ^b \pm 0.00	3.66 ^a \pm 0.010	9.30 ^b \pm 0.000
2-B-3	8.92 ^a \pm 1.80	7.0 ^a \pm 0.00	3.64 ^a \pm 0.005	9.73 ^a \pm 0.000
FCal	3.684	424.6	2.85	424.6
CV (%)	32.25	7.40	2.12	40.23

The results presented refer to the means of the determinations in triplicates, followed by the respective standard deviation (Analysis of variance - ANOVA and Tukey's test).

When analyzing the total soluble solids of the meads, the difference ($p < 0.05$) between the two samples (1-B-2 and 2-B-1) was verified, which indicates that there was an efficient conversion of sugars into ethanol by the two strains of *Saccharomyces cerevisiae* during fermentation, since the musts used were at about 24°C. In the first batch, the final TSS values were inversely proportional to the cupuaçu concentrations, the beverage with 10% cupuaçu obtained the highest TSS (8.5 °Brix), different from the sample with 25% cupuaçu, which had the lowest TSS (7 °Brix). Taking into account that the must started with total soluble solids of 25 °Brix, it is stated that the decrease in the solids content presents the conversion of sugar into alcohol during the process, there was a satisfactory consumption of substrate and it is possible to notice the reduction of sugar levels and alcoholic growth.

Ash analysis determines the mineral constituents of food, the study by (Cecchi 2003) states that some metal residues can cause toxic effects such as Pb and Hg, the oxidation of ascorbic acid (Vitamin C) and the instability of fruit juices are affected by Cu. Some mineral components may enhance and others prevent fermentation of fermented products. The results found (4.12 to 8.92 g/L) for ash fit the parameters imposed for melomel, respecting the minimum limit of 1.5 for ash. In general, all the analyses showed satisfactory results that comply with Decree N°. 6,871 of June 4 (Brasil 2009).

Analysis of *in vitro* antioxidant activity

Table 5 presents the data regarding the antioxidant potential of the mead samples.

Table 5. *In vitro* antioxidant activity analyses of melomel with different yeast and cupuaçu formulations.

Parameters	Reducing Power (750nm)	Phenolic Compounds	Flavonoids	DPPH* (%)	ABTS+• (%)
1-B-1	0.078 ^a ±0.004	5.78 ^a ±2.52	1.41 ^b ±0.61	20.95 ^c ±0.38	23.28 ^c ±1.49
1-B-2	0.154 ^a ±0.014	4.82 ^a ±0.68	0.52 ^a ±0.04	17.96 ^b ±1.83	38.82 ^a ±0.50
1-B-3	0.102 ^{ab} ±0.007	6.38 ^a ±0.58	0.49 ^a ±0.05	16.40 ^{ab} ±2.11	41.15 ^a ±2.90
2-B-1	0.112 ^{ab} ±0.014	5.82 ^a ±0.39	-0.30 ^a ±0.03	17.73 ^{ab} ±1.34	38.33 ^a ±0.11
2-B-2	0.079 ^b ±0.011	14.40 ^b ±3.53	0.48 a±0.03	-49.08 ^a ±2.47	43.04 ^{ab} ±3.20
2-B-3	0.094 ^c ±0.013	12.12 ^b ±1.48	0.58 ^c ±0.13	11.36 ^a ±3.49	49.22 ^b ±3.31
FCal	18.62	16,99	13.43	407.85	43,45
CV (%)	10.18	18.59	22.47	37.00	4,92

The results presented refer to the means of the determinations in triplicates, followed by the respective standard deviation (Analysis of variance - ANOVA and Tukey's test).

Secondary metabolites are not necessarily produced in all conditions and, in most cases, the functions of these substances in the body are not yet known. However, due to their immobility, plants have developed means to defend themselves against some herbivores, compete with other plants, against pathogens, to deal with climate change, sunlight intensity and nutrient deficiency. They also produce metabolites to attract pollinating insects and seed dispersers, playing some vital role for the well-being of the producer (Dewick 2002).

In the analyses of reducing power, it was observed that the parameter 1-A-2 (0.154) presented the highest potential, followed by 2-B-1 (0.112) and 1-A-3 (0.102). Parameters 2-B-2 and 2-B-3 presented the highest contents of phenolic compounds in their compositions, with 14.40% and 12.12%, respectively. In the quantification of flavonoids in each sample, the highest contents were observed in 1-A-1 (1.41%), followed by 2-B-3 (0.58%) and 1-A-2 (0.52%). In the reactions against DPPH• and ABTS+ • radicals, none of the samples showed to be able to inhibit at least 50% of the radicals. However, with the exception of parameter 2-B-2, which presented a negative value, all were able to react with the free substances in the solution. Sample 2-B-3 inhibited 49.22% of ABTS+ • radicals, being the most promising parameter among the others.

The antioxidant activity of phenolic compounds is justified by the reduction-oxidation properties, which allow them to reduce singlet oxygen species (O•), by releasing protons (H⁺) in the reaction medium, maintaining their stabilization by resonance, presenting the hydroxyls in the *para* (C-4) position as the most active. Flavonoids, on the other hand, depend on the amount of hydroxyls present in the structure, other substitutions and conjugations. (di Majo *et al.* 2005; Caiet *al.*2006; Coutinhoet *al.* 2008).

Although the analyzes show the presence of phenolic compounds in all samples, they did not show the ability to inhibit 50% or more of the radicals present in the medium. This fact can be justified by the nature of phenolics, which may lack free acidic hydroxyls to release protons (H⁺), as is the case with glycosylated flavonoids.

Conclusion

It can be concluded that the cupuaçu honey produced with *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces bayanus* showed physicochemical and microbiological characteristics within the standards of current legislation, presenting itself as a technological product, serving as an alternative for honey producers in the market, opening up possibilities for the production of phenolic compounds. In addition, it can be inferred that the *Saccharomyces cerevisiae* yeast (Red Star brand) was able to produce a drink with a higher acidity content. For the microbiological analyses, the results were free of contamination, showing that the processing was carried out in accordance with good food formulation practices. There were variations in the content of phenolic compounds between the samples, with the most significant value being found in the sample that used *Saccharomyces bayanus* (Red Star brand) with 20% cupuaçu, with a content of 14.40%.

Author participation: BGOP - Conceptualization, data curation, formal analyses, funding acquisition, investigations, methodology, resources, software, supervision, validation, writing - original draft, writing - review & editing; IRD - Conceptualization, investigations, resources; CSSR, LNR, JPC, SDOJ - Investigations, methodology, resources; WGS - Supervision, resources, Writing - Conceptualization, data curation, formal analyses, methodology, resources, validation, software, writing - original draft, writing - review & editing;

Ethical approval: Ethical approval was not required for this study. The entire process was carried out at the Applied Thermodynamics Laboratory, which is coordinated by Professor Wenderson Gomes dos Santos, the supervisor of this article. There was no need for external approval.

Funding: BGOP was a PIBIC-CNPq scholarship holder (2021 - 0223). Laboratory of Applied Thermodynamics FCA/UFAM for its support in the development of the project.

Data availability: no data is deposited in any database or repositories.

Conflict of Interest: No conflict of interest.

References

- Instituto Adolfo Lutz. 2008. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. (1ª digital edição), 1020p.
- Alves EM, Toledo VAA, Marchini LC, Sereia MJ, Moreti ACCC, Lorenzetti ER, Neves CA, Santos AA. 2009. Presence of coliforms, molds and yeasts in samples of organic honey from Africanized bees from the islands of the upper Paraná River. Rural Science, Santa Maria, 39(7): 2222- 2224. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000140>.
- Arruda AR, Casimiro ARS, Garruti DS, Abreu FAP. 2007. Physicochemical characterization and sensory evaluation of fermented alcoholic banana beverage. Revista Ciências Agronômicas 38(4): 377- 384.
- AOAC. 1992. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry International. 13ed, Washington,
- Brasil. 2009. Decreto Nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas.
- Brunello LT, Imaizumi VM, Venturi Filho WG. 2017. Physicochemical, energetic and sensory characterization of mead. Energy in Agriculture 32(2): 200-208. DOI: <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2017v32n2p200-208>
- Cecchi, HM. 2003. Fundamentos teóricos e práticos da análise dos alimentos. 2ª ed. Campinas - SP. Editora Unicamp, 206p.

- Chang CL, Lin CS, Lai GH. 2011. Phytochemical characteristics, free radical scavenging activities, and neuroprotection of five medicinal plant extracts. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012(1): 8p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/984295>.
- Cohen, KO, Jackix MNH. 2005. Estudo do Liquor de Cupuaçu. *Food Science and Technology*. 25(1): 182-190. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000100030>.
- Cai YZ, Sun M, Xing J, Q L, Corke H. 2006. Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional Chinese medicinal plants. *Life Sciences* 78(25): 2872-2888. DOI: 10.1016/j.lfs.2005.11.004.
- Coutinho ID, Coelho RG, Kataoka VMF, Honda, NK, Silva JRM, Vilegas W, Cardoso CAL. 2008. Determination of phenolic compounds and evaluation of antioxidant capacity of *Campomanesia adamantium* leaves. *Ecletica Quimica*, 33(4): 53-60. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-46702008000400007>.
- Di Majo D, Giammanco M, Guardia LA, Tripoli E, Giammanco S, Finotii E. 2005. Flavanones in Citrus fruit: Structure-antioxidant activity relationships. *Food Research International*, 38(10): 1161-1166. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.05.001>.
- Felisbino LM, Campos DP, Marques CRM. 2017. Caracterização físico-química da fermentação alcoólica de diferentes cortes de uva na produção de vinhos artesanais. *Revista Vincci* 2(2): 25-51.
- Khatua S, Ghosh S, Acharya K. 2017. A simplified method for microtiter based analysis of *in vitro* antioxidant activity. *Asian Journal of Pharmaceutics* 11(20):327-335.
- Lima, LLB. 2019. Perfil socioeconômico e conhecimento dos parâmetros de qualidade por parte dos produtores e consumidores de mel no Distrito Federal. Monografia (Graduação em Agronomia). UNB - Brasília, 52p.
- Lima LFFS, Alves TCL, Souza AQL, Santos WG. 2021. Kinetic analysis of the fermentative process of mead with the addition of cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) pulp. *Research, Society and Development* 10(14). DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.21685>.
- Lima MCF. 2021. Caracterização de substâncias fenólicas e alcalóides de resíduos de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum). Dissertação de Mestrado, UFAM – Amazonas.
- Mattietto RA, Lima FCC, Venturieri GC, Araújo AA. 2006. Tecnologia para Produção Artesanal de Hidromel Doce. Comunicado Técnico (170) – EMBRAPA.
- McConnell DS, Schramm KD. 1995. Mead success: ingredients, processes and techniques. Zymurg Spring, v. 4.
- Melo FS, Okaneku BM, Cardoso DP, Rodrigues EC, Santos WG. 2021. Avaliação das Características físico-químicas de polpa e concentrado de cupuaçu (*Theobroma grandiflorumschum*) da região Amazônica. *Brazilian Journal of Development*. 7(1): 10462-10472. DOI:10.34117/bjdv7n1-712.
- EMBRAPA. Metodologia para Análise de Vinho, 2010 / editor técnico: Rizzon LA – Brasília, DF: Informação Tecnológica , 120p.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). 2003. Instrução Normativa N° 62, de 26 de agosto de 2003. Métodos Analíticos Oficiais para Análise Microbiológica para Controle de Produtos de Origem Animal e Água.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). 2012. Instrução Normativa N° 34, de 29 de novembro de 2012. Estabelecer padrões complementares de identidade e qualidade para bebidas fermentadas.
- Okaneku BM, Souza AQL, Araújo DL, Alves TC, Cardoso DNP, Santos WG. 2020. Análise Físico-química e microbiológica do mel de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*). *Brazilian Journal of Development*. 6(4): 18607-18620. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n4-144>.
- Food And Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2021. FAO and PNUMA call for a movement in Brazil to reduce food losses and waste.

Pereira AS, Costa RAS, Landim LB, Silva NMC, Reis MFT. 2014. Produção de Fermentado Alcolóico Misto de Polpa de Açaí e Cupuaçu: Aspectos Cinéticos, físico-químicos e Sensoriais. Revista Brasileira De Tecnologia Agroindustrial 8(1):1216-1226. D.O.I.: 10.3895/S1981-36862014000100007.

Pires JS, Torres PB, Santos DYAC, Chow F. 2017. Ensaio em Microplaca de Substâncias Redutoras pelo Método do Folin-Ciocalteu para Extratos de Algas. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. DOI: 10.13140/RG.2.2.29127.80809.

Ribeiro LHL. 2017. Produção e Caracterização de Hidromel de Frutas Vermelhas. Monografia (Engenharia de Alimentos). UFMA - Maranhão, 36p.

Santos SS, Santos WG. 2023. Fabricação de Melomel Saborizado com Taperebá (*Spondias mombin* L. Revista Perspectiva, 47(179): 83-92. <https://doi.org/10.31512/persp.v47.n.179.2023.348.p.83-92>

Socha LB, Pineiro RBM. 2016. Cupuaçu: a fruta globalizada. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental 4(2): 554-567. DOI: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v4e22015554-567>.

Teramoto Y, Sato R, Ueda S. 2005. Characteristics of fermentation yeast isolated from traditional Ethiopian honey wine, ogol. African Journal of Biotechnology 4(2):160-163.

Uchoa MLP, Gonsalves HO, Silva KFN, Souza GC. 2016. Avaliação Microbiológica de Mel de Abelha (*Apis mellifera*) Comercializados em Supermercados da Cidade de Limoeiro do Norte -CE. VI Encontro Internacional de Jovens Pesquisadores. IFCE- campus Limoeiro do Norte.

Vargas P, Gulling R. 1999. Making Wild Wines and Meads: 125 unusual recipes using herbs, fruits, flowers and more. United States: Storey Publishing.

Wiese H. 2005. Apicultura: novos tempos. 2. ed. Guaíba: Ed. Agropecuária, 378p.



Esta obra está licenciada com uma *Licença Creative Commons Atribuição Não-Comercial 4.0 Internacional*.

Plantas úteis do Campo Rupestre registradas por naturalistas: o exemplo da Serra do Gandarela, Minas Gerais

Juliana Loureiro Almeida Campos^{1,5} , Carolina Aparecida Vieira de Almeida^{2,5} , Priscila Luiza da Silva^{3,5} , Tarcísio Tadeu Nunes Junior⁴ , Maria das Graças Lins Brandão^{2,5} 

1 Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade (NUPEM), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Av. São José do Barreto, 764 – Macaé (RJ). Cep. 27965-045.

2 Centro Especializado em Plantas Aromáticas, Medicinais e Tóxicas, Museu de História Natural e Jardim Botânico, Universidade Federal de Minas Gerais. (Ceplamt-UFMG). Av. Gustavo da Silveira, 1035. Belo Horizonte (MG). Cep 30350-023.

3 Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar (MDA). R. Euclides da Cunha, 14, Prado Belo Horizonte (MG). Cep: 30411-170.

4 Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima (MMA). Esplanada dos Ministérios, Bloco B Brasília (DF) - Cep 70068-900.

5 Cayapiá - Instituto de cultura, defesa e conservação das plantas úteis e medicinais brasileiras. Rua Mariana 81. Tiradentes (MG). Cep. 36325-000.

*Autora para correspondência: loureiroju@hotmail.com

Recebido em 21 de novembro de 2023.

Aceito em 31 de janeiro de 2024.

Publicado em 8 de março de 2024.

Resumo - O Brasil possui uma flora diversa e uma rica sociobiodiversidade, mas poucas plantas nativas são usadas na medicina caseira ou como ingredientes ativos em medicamentos e outros produtos comerciais. Este fato é uma consequência do processo de perda genética a que vem sendo submetida a vegetação nativa desde os primórdios da colonização portuguesa, levando a diminuição do conhecimento tradicional associado. Apresentamos informações sobre o uso tradicional de plantas nativas que ocorrem no Cerrado brasileiro (campo rupestre) documentadas por naturalistas tomando como base a flora da Serra do Gandarela, Minas Gerais. As plantas foram identificadas por meio de listagens presentes em documentos produzidos pela equipe do Parque Nacional da Serra do Gandarela e as informações sobre os usos tradicionais e os naturalistas foram extraídas do banco de dados Dataplant. A base de dados PubMed foi utilizada para identificar pesquisas que realizaram validação das plantas apresentadas neste trabalho. Oitenta plantas nativas com distribuição na Serra do Gandarela tiveram seus usos documentados por 13 naturalistas, sendo 50 destas submetidas a estudos de validação. A categoria medicinal apresentou o maior número de registros. A importância destas espécies para o desenvolvimento de bioprodutos e a conservação da sociobiodiversidade e dos usos tradicionais associados é discutida.

Palavras-chave: Biodiversidade. Conservação. Flora brasileira. Registros históricos.

Useful plants from Campo Rupestre recorded by naturalists: the example of Serra do Gandarela, Minas Gerais

Abstract

Brazil has a diverse flora and rich sociobiodiversity, but few native plants are used in home medicine or as active ingredients in medicines and other commercial products. This fact is a consequence of the process of genetic loss to which native vegetation has been subjected since the beginning of Portuguese colonization, leading to a decrease in traditional knowledge associated. This article presents information on the traditional use of native plants that occur in the Brazilian Cerrado (campo rupestre) and documented by naturalists based on the flora of Serra do Gandarela, Minas Gerais. The plants were identified through lists present in documents produced by the Serra do Gandarela National Park team and information on traditional uses and the naturalists were extracted from the Dataplant database. The PubMed database was used to identify research that validated the plants presented in this work. Eighty native plants distributed in Serra do Gandarela had their uses documented by 13 naturalists, 50 of which were subjected to validation studies. The medicinal category presented the highest number of records. The importance of these species for the development of bioproducts and the conservation of biodiversity and associated traditional uses is discussed.

Keywords: Biodiversity. Brazilian flora. Conservation. Historical records.

Plantas útiles del Campo Rupestre registradas por naturalistas: el ejemplo de la Serra do Gandarela, Minas Gerais

Resumen - Brasil tiene una flora diversa y una rica sociobiodiversidad, pero pocas plantas nativas se utilizan en medicina casera o como ingredientes activos en medicinas y otros productos comerciales, una consecuencia del proceso de pérdida genética al que ha sido sometida la vegetación autóctona desde el inicio de la colonización, provocando una disminución de los conocimientos tradicionales asociados. Presentamos informaciones acerca del uso tradicional de plantas nativas que ocurren en el Cerrado brasileño (campo rupestre) y documentado por naturalistas con base en la flora de la Serra do Gandarela, Minas Gerais. Las plantas fueron identificadas en documentos elaborados por el equipo del Parque Nacional Serra do Gandarela y las informaciones sobre los usos tradicionales y los naturalistas se extrajeron de la base de datos Dataplant. Se utilizó la base de datos PubMed para identificar investigaciones que validaron las plantas presentadas en este trabajo. Ochenta plantas nativas distribuidas en la Serra do Gandarela tuvieron sus usos documentados por 13 naturalistas, 50 de los cuales fueron sometidos a estudios de validación. La categoría medicinal presentó el mayor número de registros. Se discute la importancia de estas especies para el desarrollo de bioproductos y la conservación de la sociobiodiversidad y usos tradicionales asociados.

Palabras clave: Biodiversidad. Conservación. Flora brasileña. Registros históricos.

Introdução

O Brasil possui a flora mais diversa do mundo com 49.286 espécies vegetais identificadas, incluindo, além das plantas, as algas e os fungos. Este número corresponde a 26,5% do total de espécies conhecidas no planeta (Flora do Brasil 2020). Além de vasta biodiversidade, o país também possui uma rica sociobiodiversidade, construída ao longo dos séculos pela miscigenação das culturas ameríndia, africana e europeia. No entanto, apesar de seu reconhecido potencial para a preparação de produtos inovadores, a vegetação nativa do Brasil vem passando por intensos processos de destruição, iniciado com a exploração do pau-brasil (*Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, HCLima & GPLewis) desde os primórdios da colonização portuguesa. Outros ciclos econômicos implantados ao longo dos últimos séculos, como a exploração do ouro, a implantação das monoculturas e a formação de pastagens, também conduziram a uma intensa degradação da vegetação nativa (Brannstrom *et al.* 2008). Atualmente, apenas 12% da Mata Atlântica encontra-se preservada, enquanto outros ecossistemas como a Amazônia, o Cerrado e a Caatinga estão sendo rapidamente substituídos por mineração e atividades relacionadas ao agronegócio (Gomes 2019).

As consequências da destruição dos ricos ecossistemas nativos sobre o conhecimento tradicional das plantas são severas: um estudo realizado junto a população de uma área mineradora na Estrada Real, em Minas Gerais, mostrou que, mesmo entre os habitantes mais idosos das áreas rurais, o conhecimento sobre as aplicações medicinais das plantas nativas foi perdido. Como consequência, a maior parte das plantas usadas hoje pela indústria e na medicina caseira corresponde a espécies exóticas ou importadas (Brandão e Montemor 2008; Brandão *et al.* 2010).

Em contrapartida, na década de 1970, a Organização Mundial da Saúde (OMS) passou a reconhecer as plantas medicinais como um importante recurso terapêutico e instituiu um programa de incentivo ao uso de espécies validadas em saúde pública (WHO 2007). Validar uma planta significa confirmar seus efeitos farmacológicos e ausência de toxicidade. Para isso, são feitos experimentos de laboratório nos quais as substâncias químicas presentes nas plantas são extraídas, isoladas e identificadas. Em paralelo, esses produtos naturais são testados em organismos vivos (microrganismos, animais e até pessoas) para verificar os efeitos farmacológicos. Somente desta forma elas podem ser transformadas em medicamentos de uso coletivo, com os mesmos requisitos de eficácia, segurança e qualidade exigidos para produtos sintéticos. Os remédios validados preparados com plantas são chamados de medicamentos fitoterápicos, e eles estão sendo desenvolvidos em várias partes do mundo.

Desde 2002, a OMS também vem incentivando o desenvolvimento de produtos fitoterápicos baseados na tradicionalidade (WHO 2013). Nestes casos, considera-se que o uso secular de uma planta, para uma finalidade específica, pode atestar a sua eficácia. Assim, desenvolver produtos inovadores, seja por validação ou tradicionalidade, é considerado hoje um poderoso instrumento para conservação da biodiversidade. Esses bioprodutos podem gerar renda às comunidades detentoras do conhecimento sobre essas plantas e reduzir a pressão pelos modelos econômicos predatórios praticados atualmente. No entanto, é importante verificar fatores como a demanda pela indústria farmacêutica, intensidade de coleta e as propriedades medicinais das plantas para que sejam identificadas espécies prioritárias para a conservação e para que boas práticas de manejo sejam implementadas (Campos e Albuquerque 2021). Produtos cicatrizantes preparados com as cascas do barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville), loções cosméticas e sabonetes com os frutos da mutamba (*Guazuma umifolia* Lam.) e do

juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) são exemplos de espécies do Cerrado já aproveitadas comercialmente (Prates *et al.* 2020).

Outra questão importante a ser pontuada é o uso inadequado do conhecimento tradicional associado a uma espécie por parte de grandes empresas. A Lei Federal nº 13.123 de 20 de maio de 2015 (Brasil 2015), que dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade, regulamentada pelo Decreto nº 8.772 de 11 de maio de 2016 (Brasil 2016) ainda é muito frágil e traz algumas brechas relacionadas a conceitos e definições importantes (Silva *et al.* 2020). Dessa forma, indústrias farmacêuticas e cosméticas tem se aproveitado dessas brechas para se apropriarem do conhecimento local e tradicional, sem que a repartição dos benefícios seja feita de forma adequada. Essa situação tem provocado graves ameaças à biodiversidade brasileira e aos povos e comunidades tradicionais.

Informações sobre os usos tradicionais das plantas brasileiras foram registradas na bibliografia e em outros documentos produzidos nos séculos passados. Esses dados são importantes porque são primários, ou seja, foram coletados em uma época em que a vegetação nativa era mais conservada e a população usava, prioritariamente, espécies da biodiversidade brasileira. Os primeiros registros de uso das plantas nativas foram feitos pelos padres jesuítas, que tinham contato direto com os povos indígenas (Ricardo *et al.* 2018). Eles, repetidamente, atraíram a atenção dos portugueses para o potencial das plantas brasileiras. No entanto, o projeto colonial português não valorizava os produtos nativos. Pelo contrário: já no século XVI, os colonizadores comemoravam o cultivo bem-sucedido no Brasil de espécies asiáticas como a canela do Ceilão (*Cinnamomum verum* J. Presl), gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe), mangueira (*Mangifera indica* L.) e a jaqueira (*Artocarpus heterophyllus* Lam.).

Em 1808, a família real portuguesa transferiu-se para o Rio de Janeiro, fugindo da invasão de Napoleão Bonaparte. Eles viveram aqui por treze anos e, na época, vários naturalistas europeus foram autorizados a percorrer áreas do vasto território brasileiro. Alguns deles percorreram o Cerrado e o campo rupestre e descreveram em seus diários de viagens o uso de dezenas de plantas pela população local (www.dataplant.org.br/autores). De fato, o Cerrado é o segundo maior domínio ecológico do Brasil, e cobre uma área de superfície de aproximadamente 25% do território brasileiro. Calcula-se em 12.669 o número de espécies deste bioma (Fernandes *et al.* 2018). Já o campo rupestre é uma fitofisionomia do Cerrado e é considerado “hotspot” da biodiversidade, ou seja, caracterizado por níveis excepcionais de endemismo de plantas altamente ameaçadas de extinção (Alves *et al.* 2014; Fernandes *et al.* 2020).

Entre os cientistas que percorreram essas regiões nos séculos passados estão o inglês George Gardner (1836-1841) (Gardner 1846; Fagg *et al.* 2015), os alemães Johann B. Von Spix (1781-1826), Karl F.P. Von Martius (1817-1820) (Spix e Martius 1981) e Gregory I. Langsdorff (1821-1836) (Silva 1997), os franceses Auguste de Saint-Hilaire (1779-1853) (Brandão *et al.* 2012) e Francis Castelnau (1810-1880) (Castelnau 1949), os ingleses Charles Bunbury (1808-1866) (Bunbury 1981) e Alexander Caldeclough (1797-1858) (Caldeclough 2000) e o austríaco Johann E. Pohl (1782-1834) (Pohl 1976). É importante destacar que em 1790, o botânico tiradentino Frei Mariano da Conceição Vellozo já havia organizado a obra *Flora Fluminesis*, com referências a mais de 200 espécies usuais da Mata Atlântica e do Cerrado (Tabela 1) (Brandão 2019).

Tabela 1. Dados biográficos sobre os autores estudados (para detalhes, ver www.dataplant.org.br/autores).

Autor/ nacionalidade/ nascimento e morte	Locais de estudo	Período no Brasil
Mariano C. Vellozo/ Brasileiro/ 1741-1811	MG, RJ, SP	Nativo
Gregory I. Langsdorff/ Alemão/1774-1852	RJ, SP, MG, GO, MT, TO	1813-1829
Auguste Saint-Hilaire/ Francês/ 1779-1853	RJ, MG, SP, GO	1816-1822
Johann Pohl/ Austríaco/ 1782-1834	RJ, MG, GO	1817-1821
Johann B.Von Spix/Alemão/ 1781-1826	RJ, SP, MG, BA, PI, MA	1817-1820
Karl von Martius/ Alemão/ 1794-1868	RJ, SP, MG, BA, PI, MA	1817-1820
Alexander Caudeclough/ Inglês/ 1795-1858	RJ, SP, MG	1819-1821
Charles Bunbury/ Inglês/ 1808-1866	MG	1833-1835
George Gardner/ Inglês/ 1810-1880	PI, CE, TO, MG	1848-1862
Francis Castelnau/ Francês/ 1810-1880	RJ, MG, GO, TO	1848-1862
Richard Burton/ inglês/ 1821-1890	RJ, MG, BA, AL, SE	1861
Theodor Peckolt/ Alemão/1822-1912	Todas as regiões	1847-1912
Johannes EB Warming/ Dinamarquês/1841-1924	MG	1863-1866
Manoel Pio Corrêa/ Português/1844-1934	Todas as regiões	18??-1934
José Badini/ Brasileiro/ 1912-1991	MG	Nativo

Entre os autores que registraram muitas informações sobre o uso das plantas nativas do Cerrado no final do século XIX e início dos XX estão o farmacêutico alemão Theodor Peckolt e o botânico português Manoel Pio Corrêa. Peckolt (1822-1912) veio para o Brasil em 1847, por influência de Von Martius (Santos 2005). Ele passou toda a sua vida no Rio de Janeiro, onde construiu um laboratório de química, sendo o pioneiro na identificação de substâncias ativas de plantas brasileiras. Em sua obra *História das Plantas Medicinais e Úteis do Brasil* (1888-1902) ele deixou referências importantes sobre os melhores usos das plantas brasileiras e algumas culturas exóticas (Peckolt e Peckolt 2016). Pio Corrêa (1874-1934) também viveu no Rio de Janeiro onde esteve vinculado ao Jardim Botânico (Teixeira et al. 2019). Os trabalhos desenvolvidos por este autor deram origem a uma das mais importantes publicações sobre utilidade das plantas: os seis volumes do *Dicionário de Plantas Úteis do Brasil e Cultivadas Exóticas*, cuja elaboração teve início em 1926 (Corrêa 1984). Este trabalho contém informações botânicas, usos tradicionais e locais de ocorrência de quase cinco mil espécies de plantas, das quais duas mil são nativas do Brasil.

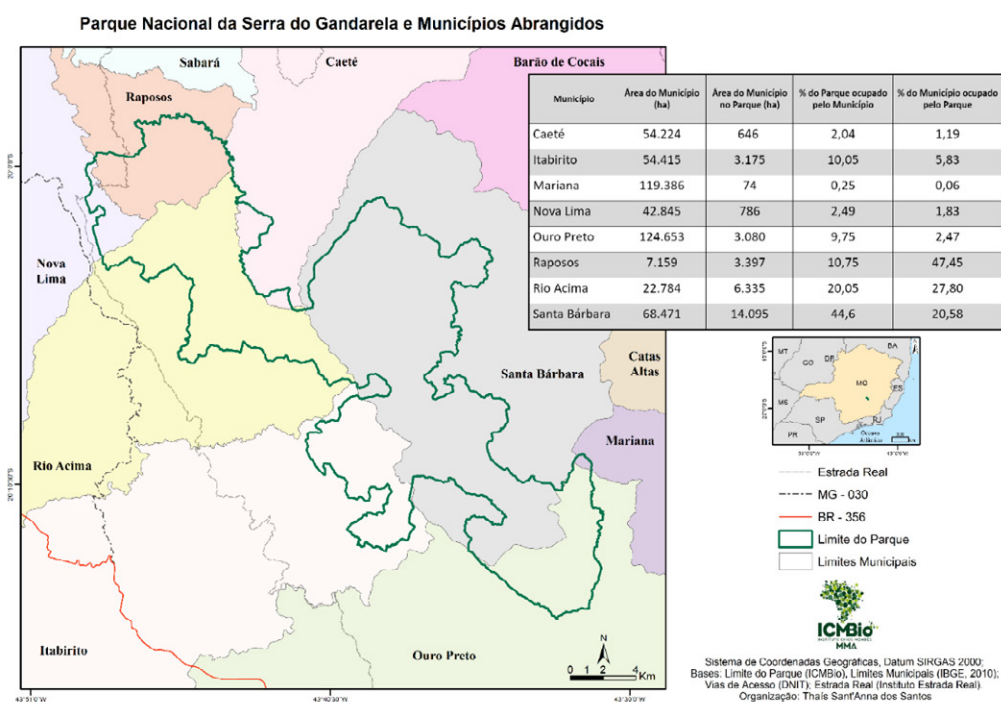
Os objetivos do presente trabalho são: i) apresentar informações históricas sobre os usos tradicionais de plantas que ocorrem em uma área de campo rupestre do estado de Minas Gerais - a Região da Serra do Gandarela; ii) discutir a importância dessas espécies para uma nova economia baseada no desenvolvimento de bioprodutos que valorizem a flora brasileira e o conhecimento tradicional a ela associado.

Material e Métodos

Área de estudo

A região da Serra do Gandarela está localizada dentro do Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais, mais precisamente nos municípios de Raposos, Caeté, Santa Bárbara, Itabirito, Rio Acima e Barão de Cocais. A Serra do Gandarela apresenta grande importância ecológica, visto que o local abriga o último fragmento significativo de vegetação natural em bom estado de conservação do quadrilátero ferrífero (ICMBIO 2010). A região se destaca pela diversidade de fitofisionomias do Cerrado, como por exemplo de cerrado sensu stricto, campo cerrado, campo rupestre ferruginoso e também por fitofisionomias vinculadas ao bioma Mata Atlântica, além de uma rica diversidade da fauna e flora, em plena Região Metropolitana de Belo Horizonte. Localizada em uma das áreas mais mineradas do país (Figura 1), desde 2006, a Serra do Gandarela vem sendo cobiçada por empresas do ramo da mineração, além da expansão urbana, que representa um forte estressor. Tendo em vista tal ameaça de degradação da área, entre 2008 e 2014 houve intensa mobilização da sociedade civil organizada a fim de realizar estudos e pressionar os governos estadual e nacional para a criação de uma área de proteção integral (Marent *et al.* 2011). Após conflituosos debates e negociações, foi criado o Parque Nacional da Serra do Gandarela, por meio do Decreto Presidencial de 13 de outubro de 2014, com área de 31.270 hectares. Segundo o Decreto, o objetivo principal da criação do parque é garantir a preservação do patrimônio biológico, geológico, espeleológico e hidrológico encontrado no local, juntamente com a preservação das formações de canga do quadrilátero ferrífero e dos remanescentes de campo rupestre.

Figura 1. Mapa de localização do Parque Nacional da Serra do Gandarela, Minas Gerais, elaborado pela equipe do parque em 2019.



Potencial econômico das plantas de uso tradicional da Região da Serra do Gandarela

Com o objetivo de avaliar o potencial econômico das plantas da região da Serra do Gandarela¹, o primeiro passo foi conhecer quais as espécies de plantas ocorrem no local. Para isto, foi realizado um estudo nas listagens das plantas preparadas para os Estudos de Impacto Ambiental de empreendimentos minerários localizados no entorno do Parque. O licenciamento ambiental trata-se de processo administrativo que busca licenciar atividades ou empreendimentos utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental. Para subsidiar esse processo, é elaborado o Estudo de Impacto Ambiental – EIA, que contém diversos inventários feitos por especialistas de diferentes áreas. Também é elaborado o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) que com uma linguagem acessível à compreensão da sociedade em geral, traz de forma objetiva as conclusões do EIA. Ambos os estudos são definidos em termos de conteúdo e necessidade pelo órgão licenciador no nível municipal, estadual ou nacional. Nesse sentido, o Parque dispõe de diversos estudos ambientais que subsidiam o processo de licenciamento, entre eles os da flora.

A partir dessas listagens, foi feita uma busca de informações sobre os usos tradicionais de cada espécie das plantas utilizando o Dataplant (www.dataplant.org.br), uma base de dados bibliográfica de usos tradicionais das plantas brasileiras criada com o objetivo de contribuir para um maior conhecimento e valorização das plantas usuais dos brasileiros registradas no passado e promover seu uso sustentável. O banco é gerenciado pela equipe do Centro Especializado em Plantas Aromáticas, Medicinais e Tóxicas (Ceplant), do Museu de História Natural e Jardim Botânico da Universidade Federal de Minas Gerais. Nele estão inseridas informações sobre usos tradicionais extraídas de manuscritos e bibliografia produzida até a década de 1960. A delimitação desta data é importante porque foi a partir dela que as transformações da sociedade brasileira se consolidaram, o que culminou na perda de conhecimento sobre as plantas nativas (Ricardo *et al.* 2018). Foi nesta década também que aconteceu uma verdadeira invasão das indústrias farmacêuticas internacionais, que impuseram um mercado baseado apenas nos medicamentos sintéticos (Manhã *et al.* 2008). Até o momento, o Dataplant contém informações sobre usos tradicionais de 3.700 diferentes espécies de plantas nativas, recuperadas a partir de 140 documentos e fontes bibliográficas². A família botânica mais representativa é a Fabaceae, com 468 espécies, seguida pela Poaceae com 164, Arecaceae com 137, Asteraceae com 108, Malvaceae com 101, Myrtaceae e Rubiaceae 95, Bromeliaceae 94, e Euphobiaceae 87. Outras 138 famílias botânicas também têm espécies descritas no banco de dados. As informações podem ser acessadas por meio de links referentes a nomes populares e científicos, usos tradicionais e locais de ocorrência da planta, na época em que o uso foi registrado pelos autores. É importante destacar que o Dataplant ainda não está concluído: apenas 40% das informações foram incluídas até o momento. Os usos recuperados foram separados em medicinal (*Med*), alimento (*Alm*), madeira (*Mad*) e fonte

¹ Torna-se fundamental esclarecer que a Serra do Gandarela se estende para além do Parque Nacional. Desta forma, sobretudo no município de Santa Barbara há porções da serra que não estão inseridas no Parque. Por outro lado, existem áreas do parque que não pertencem ao complexo da Serra do Gandarela, sobretudo na sua porção sudeste com outras formações como Serra de Ouro Fino, Serra de Capanema e outras.

² Apesar dos detentores dos conhecimentos referentes aos usos tradicionais das plantas disponibilizados no Dataplant não terem sido identificados, a pesquisa ou desenvolvimento tecnológico (nos termos da Lei nº 13.123, de 2015) realizados com a utilização das informações disponíveis neste banco de dados estão sujeitas à obtenção de consentimento prévio informado de um provedor dentre os detentores do Conhecimento Tradicional Associado (CTA) de interesse para a sua pesquisa ou desenvolvimento tecnológico.

de materiais para preparação de diferentes produtos (*Pro*). Informações sobre importantes funções ecológicas registradas pelos autores também foram recuperadas (*Eco*).

A base de dados PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) foi utilizada para identificar pesquisas que realizaram validação das plantas apresentadas neste trabalho.

Resultados e Discussão

Um total de 80 espécies de plantas nativas da Serra do Gandarela, com registro de uso tradicional feito pelos autores citados na Tabela 1, tem informações no Dataplant (Tabela 2). Entre essas, 51 espécies, pertencentes a 26 famílias botânicas, foram avaliadas em estudos de laboratório (Tabela 2).

Tabela 2. Plantas arbóreas estudadas pelos autores dos séculos XVIII e XIX que ocorrem na Serra do Gandarela, Minas Gerais, Brasil, seus usos e estudos de validação. (*endêmica do Brasil). Siglas: *Alm*: alimento; *Eco*: ecologia; *Med*: medicinal; *Mad*: madeira; *Pro*: produtos. Autores: 1 - Badini, 2 - Bunbury, 3 - Burton, 4 - Castelnau, 5 - Corrêa, 6 - Gardner, 7 - Langsdorff, 8 - Peckholt, 9 - Pohl, 10 - Saint-Hilaire, 11 - Spix e Martius, 12 - Vellozo, 13 - Warming.

Família	Usos	Estudos recentes
Anacardiaceae <i>Astronium fraxinifolium</i> Schott./ Gonçalo Alves ⁵	<i>Med</i> : Adstringente, bronquites, calos, dor de dente, hemoptises, peitoral, tuberculose; <i>Pro</i> : curtume, gomo-resina, tinturaria.	Leishmanicida (Braga <i>et al.</i> 2020).
<i>Tapir irá obtusa</i> (Benth.) J.D. Mitch./ Fruta de pombo ⁵	<i>Alm</i> : animais silvestres, aves.	Não há.
Annonaceae <i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil./ Imbira* ^{5, 8, 10, 12,}	<i>Alm</i> : fruto comestível, fruto saboroso, vinho; <i>Med</i> : adstringente, aftas, angina, antidiarreico, antifebril, antitussígeno, estomacal, feridas, furúnculos, maturativo, metrorragia; <i>Pro</i> : goma, objetos, cordoaria, fibras.	Antioxidante (Benites <i>et al.</i> , 2015), anti-inflamatório, antitumoral (Formaggio <i>et al.</i> 2013), antimicrobiana (Araujo <i>et al.</i> 2014).
<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil./ Embira ^{5,8,12}	<i>Med</i> : antirreumático, excitante; <i>Pro</i> : aromático, condimento, fibras têxteis.	Antimicrobiano (Siqueira <i>et al.</i> 2015), Antibacteriano (Santos <i>et al.</i> 2017).
<i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil./ Pimenta de macaco ^{5,8,10}	<i>Med</i> : antiespasmódico, carminativo, cólera, estimulante, febres intermitentes, tônico; <i>Pro</i> : aromático, cordoaria, especiaria, estopa, fibras, fibras flexíveis e têxteis, ornamental, substituto da pimenta do reino.	Plasmodicida (Gontijo <i>et al.</i> 2019), antibacteriano (Mendes <i>et al.</i> 2017).
<i>Xylopia emarginata</i> Mart./ Embira preta ^{5,8}	<i>Pro</i> : aromático, combustível, cordoaria, curtume, fibras têxteis.	Antioxidante (Cascaes <i>et al.</i> 2022); anticandidal (Cascaes <i>et al.</i> 2023).
Apocynaceae <i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll.Arg./ Peroba ⁵	<i>Eco</i> : arborização/ sombreamento; <i>Pro</i> : curtume, tinturaria, vigas.	Não há.
<i>Aspidosperma discolor</i> A.DC./ Cabo-de-machado* ⁵	<i>Med</i> : amargo, malária.	Não há.

Arecaceae <i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman/ Baba de boi ^{5,8}	<u>Alm</u> : gado, porcos, amêndoas comestíveis, forrageira, palmito comestível; <u>Med</u> : diabetes, peitoral, tônico; <u>Pro</u> : óleo, óleo para iluminação, vinho, xarope.	Antipoluentes (Carvalho et al., 2019), Alzheimer (El-Hawary et al. 2019); Prebiótico (Andrade et al. 2020).
Asteraceae <i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish/ Candeia ^{*5,12}	<u>Eco</u> : arborização/ sombreamento, reflorescimento; <u>Pro</u> : curtume, gomo-resina.	Acaricida (Marchesini et al. 2021), Leishmanicida (Amorim et al. 2021), antimicrobiano (Santos et al. 2015), antimicrobiano e antioxidante (Silvério et al. 2013).
Bignoniaceae <i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose/ Cinco-folhas ^{5,12}	<u>Eco</u> : arborização/ sombreamento; <u>Med</u> : adstringente, aftas/ estomatite, amargo, anti-reumático, antissifilítico, feridas, diurético.	Leishmanicida (Costa et al. 2017a), fitoestabilização (Asensio et al. 2018).
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos/ Ipê ⁵	<u>Eco</u> : arborização/ sombreamento; <u>Med</u> : antissifilítico; <u>Pro</u> : corante, preparo de rapé, tinturaria.	Não há.
<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart. / Caroba ^{5,11,12}	<u>Eco</u> : arborização/ sombreamento; <u>Med</u> : hídropsia, antissifilítico, boubas, depurativo, diurético, doenças do fígado; <u>Pro</u> : tintura azul.	Não há.
<i>Jacaranda puberula</i> Cham./ Carôba ^{*5, 12}	<u>Med</u> : afecções da bexiga, antiblenorrágico, anti-reumático, antissifilítico, depurativo, eczema, feridas; <u>Pro</u> : celulose, tintura azul.	Antitumoral (Almeida et al. 2013).
<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K.Schum./ Apamate ⁵	<u>Eco</u> : arborização/ sombreamento; <u>Med</u> : antídoto de intoxicação, antifebril; <u>Pro</u> : curtume.	Artrite/ gota (Lima et al. 2015).
Chrysobalanaceae <i>Leptobalanus octandrus</i> (Hoffmanns. ex Roem. & Schult.) Sothers & Prance/ Caraipê ⁵	<u>Alm</u> : fruto comestível; <u>Med</u> : adstringente; <u>Pro</u> : produzir cerâmica, sebo vegetal.	Não há.
Combretaceae <i>Terminalia argentea</i> Mart./ Ca-chaporra ^{5, 11, 13}	<u>Eco</u> : arborização; <u>Med</u> : adstringente, drástico, purgativo; <u>Pro</u> : curtume, goma, substituto da goma guta-percha, tinturaria.	Anti-inflamatório (Moreira et al. 2020), anti-úlceras (Venturini et al. 2024).
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart./ Araçá d'água ⁵	<u>Eco</u> : arborização; <u>Pro</u> : tinturaria	Anti-inflamatório (Gusman et al. 2015)
Cordiaceae <i>Cordia sellowiana</i> Cham./ Ca-pitão do campo ^{*5}	<u>Alm</u> : fruto comestível.	Não há.

Dilleniaceae <i>Curatella americana</i> L./ Alcor- noque ^{2,5, 6, 9}	<u>Med:</u> adstringente, doenças da pele, feridas, inflamações, <u>Pro:</u> curtume, escovar panos, lixa, ornamental, tinturaria.	Antioxidante, antilipo- lipidêmico (Lopes <i>et al.</i> 2016), antifúngico (Men- des <i>et al.</i> 2015), cicatrizan- te (Fujishima <i>et al.</i> 2020), anti-Zika vírus (Lima <i>et al.</i> 2023).
Euphorbiaceae <i>Croton floribundus</i> Spreng./ Capichinguy ^{1,5}	<u>Alm:</u> para aves; <u>Eco:</u> arborização, melífera; <u>Med:</u> antissifilítico, catártico, drástico, feridas, tônico; <u>Pro:</u> curtume.	Antimicrobiano (Barth <i>et al.</i> 2018).
<i>Croton urucurana</i> Baill./ Uru- curana ⁵	<u>Eco:</u> arborização; <u>Med:</u> adstringente; <u>Pro:</u> curtume, gomo-resina, tinturaria.	Anti-inflamatório (Cor- deiro <i>et al.</i> 2016), hepa- toprotetor e hipolipe- miante (Auth <i>et al.</i> 2022), cicatrizante (Casao <i>et al.</i> 2020), hipolipemiante (Zago <i>et al.</i> 2021).
<i>Mabea fistulifera</i> Mart./ Canu- deiro ⁵	<u>Eco:</u> arborização; <u>Med:</u> adstringente, amargo, antifebril, resolutivo, tônico; <u>Pro:</u> gomo-resina, óleo.	Fitorremediação (Barroso <i>et al.</i> 2022).
<i>Maprounea brasiliensis</i> A.St.- -Hil./ Marmeleiro do campo ^{5, 10}	<u>Med:</u> estomacal; <u>Pro:</u> tintura preta.	Não há.
Fabaceae <i>Anadenanthera colubri- na</i> (Vell.) Brenan/ Angi- co ^{1,3,4,5,6,7,10,12}	<u>Med:</u> adstringente, anti-hemorrágico, antiasmático, antiblenorrágico, antigonorreico, emoliente, antiinflamatório, depurativo, expectorante, metrorragia; <u>Alm:</u> fruto comestível para animais; <u>Mad:</u> construção civil; <u>Pro:</u> gomo-resina, óleo; <u>Eco:</u> melífera.	Antifúngico (Silva <i>et al.</i> 2019), cosmético (Ka- tekawa <i>et al.</i> 2020), an- tidiarreico (Araújo <i>et al.</i> 2020), anti-inflamatório (Santos <i>et al.</i> 2013; Junior <i>et al.</i> 2021), cicatrização (Pessoa <i>et al.</i> 2012), efei- to anti-HIV (Maia <i>et al.</i> 2022), antimicrobiano e antiproliferativo (Lima <i>et al.</i> 2014).
<i>Andira fraxinifolia</i> Benth./ An- dira ^{*5}	<u>Mad:</u> construção civil, dormentes, ebanes- teria, obras expostas; <u>Med:</u> acre, adstrin- gente, amargo, anti-helmíntico, leishma- nia, purgativo; <u>Pro:</u> tinturaria.	Não há.
<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip ex Record./ Farinha seca ^{*5}	<u>Mad:</u> barcos, carpintaria, <u>Pro:</u> celulose.	Não há.
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr./ Amarelinha ⁵	<u>Eco:</u> arborização; <u>Med:</u> antissifilítico; <u>Pro:</u> curtume, gomo-resina, ornamental, tinturaria	Antibacteriano (Carvalho <i>et al.</i> 2015).

<i>Bauhinia pulchella</i> Benth./ Mororó ⁵	Med: adstringente, emético.	Antiparasitário veterinário (Lopes et al. 2016), anticoagulante (Roma et al. 2023), anti-reabsortivo (Pinto et al. 2020).
<i>Cassia ferruginea</i> (Schrad.) Schrad. ex DC./ Canafistula ⁵	<u>Eco</u> : arborização; <u>Med</u> : purgativo; <u>Pro</u> : celulose, curtume, forros, gomo-resina, fibras, tinturaria.	Fitoremediação (Ferreira et al. 2019).
<i>Copaifera oblongifolia</i> Mart. ex Hayne/ Copahybeira ⁵	<u>Pro</u> : bálsamo.	Antibacteriano (Moraes et al. 2016).
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth/ Jacarandá cabiúna ¹³	<u>Pro</u> : tinturaria.	Não há.
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth./ Cabiúna ^{*5,12}	<u>Eco</u> : arborização.	Não há.
<i>Deguelia costata</i> (Benth.) A.M.G. & R.A.Camargo/ Imbira ^{*5}	<u>Pro</u> : cordoaria.	Inseticida (Cerdeira et al. 2019), antibacteriana (Santos et al. 2023).
<i>Erythrina falcata</i> Benth./ Bico de papagaio ⁵	<u>Eco</u> : arborização; <u>Pro</u> : curtume, gomo-resina, ornamental.	Ativador da memória (Oliveira et al. 2014); hipotensor (Merlugo et al. 2015).
<i>Hymenaea courbaril</i> L./ Abati-timbai ^{5,10,11}	<u>Med</u> : adstringente, afecções das vias respiratórias, afecções do peito, anti-helmíntico, antiasmático, antiblenorrágico, antigonorreico, anúria, diurético, astenia, bronquites, atonia do canal digestivo, fraqueza, catarros crônicos, catártico, cistite, coqueluche, carminativo, debilidade geral, diarreia, digestivo, doce, estomacal, fortificante, hematúria, hemoptises, inflamação da próstata, inflamação das vias urinárias, inflamação na bexiga, laringite, laxativo, opilação, sedativo, tônico, tosses crônicas, tuberculose; <u>Alm</u> : alimentação, alimento para porcos, aromático, doce, farinha, fruto doce e comestível, refrigerante; <u>Pro</u> : balsâmico, carroçaria, cola, corante, cordoaria, curtume, incenso, oleoresina, pulseiras, verniz, vidragem de louças; <u>Mad</u> : construção.	Encapsulação farmacotécnica (Farias et al. 2018), antioxidantes e antimicrobianos (Scaramussa et al. 2022), antioxidante (Matos et al. 2023; Spera et al. 2019), antifúngico (Costa et al. 2014), fitoestabilização (Asensio et al. 2018).
<i>Inga marginata</i> Willd/ Angá feijão ⁵	<u>Alm</u> : fruto agradável, preparo de doces, refresco e refrigerante.	Não há.
<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart./ Angá cabeluda ^{*5,12}	<u>Alm</u> : fruto comestível; <u>Eco</u> : arborização, melífer; <u>Pro</u> : curtume, ornamental.	Não há.
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr./ Angico branco ⁵	<u>Eco</u> : arborização, melífera; <u>Pro</u> : curtume, gomo-resina.	Fitoremediação (Ferreira et al. 2019).

<i>Platycyamus regnellii</i> Benth./ Angelim rosa* ⁵	<u>Eco</u> : arborização; <u>Pro</u> : aromático, tinturaria.	Não há.
<i>Platypodium elegans</i> Vogel/ Amendoim bravo ⁵	<u>Eco</u> : arborização; <u>Pro</u> : curtume, gomo-resina, ornamental, tinturaria.	Não há.
<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby/ Aleuia ⁵	<u>Eco</u> : arborização; <u>Med</u> : antissifilítico; <u>Pro</u> : gomo-resina, tinturaria.	Sinergia com antibióticos (Silva <i>et al.</i> 2019), sabonete veterinário (Andrade <i>et al.</i> 2015).
<i>.Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart./ Barbatimão* ^{1,5}	<u>Eco</u> : arborização; <u>Med</u> : leucorreia, dismenorreia, feridas, hemorragias, vigas; <u>Pro</u> : curtume, gomo-resina, tinturaria.	Não há.
Hypericaceae <i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy/ Blood-wood ^{5,11}	<u>Med</u> : adstringente, amaciar a pele, doenças do fígado, drástico, impingens, laxativo, purgativo; <u>Pro</u> : celulose, cobertura de casas, goma, gomo-resina, substituto da guta-percha, substituto do lacre, tintura amarela.	Antifúngico e anti-inflamatório (Oliveira <i>et al.</i> 2017), anti-helmíntico (Gerald <i>et al.</i> 2022), anti-Candida (Motta <i>et al.</i> 2022; Costa <i>et al.</i> 2017b).
<i>Vismia brasiliensis</i> Choisy/ Lacre* ⁵	<u>Mad</u> : carpintaria, obras internas; <u>Med</u> : drástico; <u>Pro</u> : goma, gomo-resina.	Não há.
Lamiaceae <i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke/ Azeitona do mato ⁵	<u>Alm</u> : fruto doce; <u>Eco</u> : melífera; <u>Med</u> : peitoral, dores reumáticas; <u>Pro</u> : óleo, ornamental.	Hipocoleterolêmica (Pires <i>et al.</i> 2018), antidepressivo (Hamann <i>et al.</i> 2016), doenças renais e cardiovasculares (Araújo <i>et al.</i> 2015).
Lauraceae <i>Nectandra oppositifolia</i> Nees/ Canela amarela ⁸	<u>Med</u> : antirreumático, carminativo, cólicas, tônico.	<i>T. cruzi</i> (Conserva <i>et al.</i> 2019; Conserva <i>et al.</i> 2021a; Morais <i>et al.</i> 2020; Conserva <i>et al.</i> 2021b); Leishmania (Costa-Silva <i>et al.</i> 2019), antiparasitário (Mengarda <i>et al.</i> 2021).
<i>Nectandra cissiflora</i> Nees/ Canela burra ^{5,8}	<u>Eco</u> : arborização; <u>Pro</u> : curtume, gomo-resina.	Não há.
<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer./ Canela-sassafras* ^{5,8,12}	<u>Eco</u> : arborização; <u>Med</u> : antidiarreico, antitussígeno, artrite, ativa a memória, carminativo, catarros crônicos, hidropsia, leucorreia, doenças do estômago, doenças venéreas, excitante, febres intermitentes, inchaço dos pés, resfriamento, tônico; <u>Pro</u> : aromático, condimento, óleo volátil.	Leishmanicida e citotóxica (Alcoba <i>et al.</i> 2018); antibacteriano e antimutagênica (Gontijo <i>et al.</i> 2017); anti-inflamatório (Alcântara <i>et al.</i> 2021); antibacteriana (Almeida <i>et al.</i> 2020, Almeida <i>et al.</i> 2022).
Malpighiaceae <i>Byrsonima sericea</i> DC./ Cangica ⁵	<u>Alm</u> : fruto comestível; <u>Mad</u> : carpintaria, construção civil, obras internas; <u>Pro</u> : curtume, tinturaria.	Gastroprotetiva (Rodrigues <i>et al.</i> 2019), antioxidante e antiapoptótico (Assis <i>et al.</i> 2023).

Malvaceae <i>Luehea paniculata</i> Mart. & Zucc./ Açõita cavalos ^{2,5,9,10,12}	<u>Eco</u> : arborização; <u>Pro</u> : aromático, objetos, celulose, curtume, fibras, gomo-resina.	Bacteria multiresistente (Calixto-Junior et al. 2015); antiparasitário (Calixto-Junior et al. 2016).
Melastomataceae <i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin / Erva dutra ^{*5}	<u>Mad</u> : carpintaria, construção civil, obras expostas; <u>Med</u> : antidiarreico; <u>Pro</u> : celulose, curtume, ornamental, substituto do chá verde, tintura preta.	Não há.
Meliaceae <i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart./ Cangerana ^{5,12}	<u>Med</u> : adstringente, dispepsia, hidropsia, antifebril, artrite, câncer, emético, purgativo; <u>Pro</u> : aromático, inseticida, perfumaria.	Inseticida (Magrini et al. 2014).
<i>Cedrela fissilis</i> Vell./ Cedro ^{5,10,12}	<u>Eco</u> : arborização; <u>Med</u> : adstringente, leucorreia, emético/ vomitivo, feridas; <u>Pro</u> : aroma de alho, gomo-resina, óleo volátil, tintura vermelha.	Fitorremediador (Covre et al. 2020; Meyer et al. 2016), fitoestabilização (Asensio et al. 2018).
Moraceae <i>Ficus adhatodifolia</i> Schott in Spreng./ Cachinguba ^{5,8,11}	<u>Alm</u> : amêndoas; <u>Mad</u> : barcos; <u>Med</u> : afrodisíaco, anti-helmíntico, ativa a memória, drástico, icterícia, vermífugo; <u>Pro</u> : objetos, borracha, látex.	Mutagênico (Rody et al. 2018).
Myrtaceae <i>Campomanesia eugenioides</i> (Cambess.) D.Legrand ex Landrum/ Guabiroba do mato ^{*5}	<u>Alm</u> : fruto comestível.	Não há.
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC./ Araçá do campo ^{*5}	<u>Alm</u> : fruto comestível; <u>Eco</u> : melífera; <u>Med</u> : adstringente, feridas <u>Pro</u> : objetos, curtume, insetífuga, substituto da acacia catechu, tintura preta.	Antifúngico (Pontes et al. 2019); anticancerígeno (Montalvão et al. 2023).
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC./ Árvore do maná ⁵	<u>Eco</u> : melífera, mirmecófila, <u>Pro</u> : substituto do maná.	Antimicrobiano (Silva-Sá et al. 2017), antioxidante (Takao et al. 2015; Franco et al. 2021).
Nyctaginaceae <i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz/ Carne de vaca ^{5,8}	<u>Med</u> : antirreumático, laxativo.	Não há.
Ochnaceae <i>Ouratea castaneifolia</i> (DC.) Engl./ Batiputá ⁵	<u>Med</u> : adstringente, dores internas, tônico; <u>Pro</u> : curtume.	Não há.
Piperaceae <i>Piper aduncum</i> L./ Apertaruão ^{5,8,12}	<u>Med</u> : adstringente, afecções catarrais, afrodisíaco, antiblenorrágico, antidiarreico, carminativo, cicatrizante, leucorreia, digestivo, diurético, doenças do fígado e do baço, eczema, erisipela, estimulante, excitante, feridas, hemorragias, hemostático, resolvente, rubefaciente, odontálgico, sialagogo, tônico, vulnerária; <u>Pro</u> : balsâmico, óleo, picante.	Contra <i>Aedes</i> (Silva et al. 2019); antifúngico (Valadares et al. 2018), antioxidante (Herrera-Calderon et al. 2019), anticancerígeno (Arroyo-Acevedo et al. 2015; Mayanga-Herrera et al. 2020), Leishmanicida (Ceole et al. 2017).

Phyllanthaceae		
<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão/ Aricurana ⁵	<u>Pro</u> : curtume.	Não há.
Primulaceae		
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult./ Azeitona do mato ⁵	<u>Alm</u> : fruto comestível, <u>Pro</u> : preparo de doces.	Antidepressivo (Zimath <i>et al.</i> 2021).
<i>Myrsine gardneriana</i> A.DC. / Caa-poró-poroc ⁵	<u>Pro</u> : curtume, tinturaria.	Não há.
Rubiaceae		
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl./ Amaiúá ⁵	<u>Alm</u> : fruto comestível; <u>Mad</u> : carpintaria, obras internas.	Não há.
<i>Palicourea rigida</i> Kunth/ Bate-deira ^{5,10}	<u>Med</u> : antissifilítico, cardialgia, diaforética, diurético, emético; <u>Pro</u> : envenenar ratos.	Anti-inflamatório (Pineiro <i>et al.</i> 2018), anti-dematogênica (Alves <i>et al.</i> 2016), biorremediação (Santos <i>et al.</i> 2021).
<i>Palicourea sessilis</i> (Vell.) C.M. Taylor / Erva de rato de folhas estreitas ^{5, 8,10}	<u>Eco</u> : melífera.	Imunossupressores (Pinto <i>et al.</i> 2021).
Rutaceae		
<i>Hortia brasiliiana</i> Vand. ex DC. / Paratudo ⁵	<u>Med</u> : anti-helmíntico, antidiarreico, antiespasmódico, antifebril, carminativo, malária, tônico; <u>Pro</u> : amargo, gomo-resina, tintura vermelha.	Não há.
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam./ Betarú amarelo ⁵	<u>Med</u> : adstringente, dispepsia, antifebril, carminativo, digestivo, dor de dente e de ouvido, estimulante, estomacal, tônico; <u>Pro</u> : amargo, celulose, óleo volátil, tinturaria.	Leishmanicida (Melo <i>et al.</i> 2016; Castillo <i>et al.</i> 2014), antimicrobiano (Tavares <i>et al.</i> 2014), inseticida (Pereira <i>et al.</i> 2022).
Salicaceae		
<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb./ Erva de cobra ⁵	<u>Med</u> : cardialgia, cicatrizante, feridas, picada de cobras, vulnerária, <u>Pro</u> : aroma de cumarina.	Leishmanicida, imunomodulatório (Santos <i>et al.</i> 2017), antitumorais (Rodrigues <i>et al.</i> 2023).
<i>Casearia decandra</i> Jacq./ Guasatunga ⁵	<u>Alm</u> : fruto comestível; <u>Eco</u> : melífera; <u>Med</u> : adstringente, antirreumático, diurético, feridas, tônico; <u>Pro</u> : amargo.	Anti-inflamatório tópico (Camponogara <i>et al.</i> 2020).
<i>Matayba guianensis</i> Aubl./ Atou-aou ⁵	<u>Med</u> : doenças do estômago, gastralgia.	Antifúngico (Assis <i>et al.</i> 2014), antibacteriano (Jesus <i>et al.</i> 2020).

Sapindaceae		Antimicobacteria tuberculosis (Trevizan <i>et al.</i> 2016), antioxidante (Piekarski-Barchik <i>et al.</i> 2021), anti-inflamatório e anti-hiperalgésico (Santos <i>et al.</i> 2020), antiartrítico, antinociceptivo e anti-hiperalgésico (Balsalobre <i>et al.</i> 2023).
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. <i>et al.</i>) Hieron. ex Niederl./ chachal ^{5,10}	<u>Alm</u> : fruto saboroso; <u>Pro</u> : vinho.	
<i>Cupania vernalis</i> Cambess/ Aguay-blanco ⁵	<u>Med</u> : antiasmático, antitussígeno.	Não há.
Sapotaceae		Bioindicador (Batista <i>et al.</i> 2017); diabetes (Sales <i>et al.</i> 2017), antitumoral (Elias <i>et al.</i> 2013), antifúngico (Correia <i>et al.</i> 2016).
<i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk./ Acá ⁵	<u>Alm</u> : fruto comestível; <u>Pro</u> : látex, substituído da goma guta-percha.	
Siparunaceae		Inseticida (Ferreira <i>et al.</i> 2019; Aguiar <i>et al.</i> 2015; Lourenço <i>et al.</i> 2018; Toledo <i>et al.</i> 2019), antibacteriano (Jesus <i>et al.</i> 2020), antitumoral e antioxidante (Barbosa <i>et al.</i> 2023), anti-helmíntico (Carvalho <i>et al.</i> 2019), Alzheimer (Martins <i>et al.</i> 2021), anti-inflamatórias e antinociceptivas (Conegundes <i>et al.</i> 2021).
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl./ Caá-pitiú ^{5,8}	<u>Med</u> : hidropsia, antiespasmódico, antifebril, beribéri, carminativo, cólicas, digestivo, diurético, peitoral, emenagoga, estimulante, estomacal, excitante; <u>Pro</u> : aromático.	
Thymelaeaceae		Não há.
<i>Daphnopsis racemosa</i> Griseb./ Bira-vira ⁵	<u>Pro</u> : cordoaria fibras.	
Urticaceae		Artrite (Teixeira <i>et al.</i> 2020), antioxidante e anti-inflamatório (Machado <i>et al.</i> 2021a; Machado <i>et al.</i> 2021b).
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq. / Ambaíba ^{*1,3,5,8}	<u>Alm</u> : fruto comestível; <u>Eco</u> : mirmecófila; <u>Med</u> : adstringente, amenorreia, antiasmático, antidiarreico, câncer, cardialgia, coqueluche, leucorreia, dentifricio, doenças cutâneas, dismenorreia, diurético, emenagoga, feridas, peitoral, tônico, tuberculose; <u>Pro</u> : celulose, cordoaria, curtume, fibras.	

<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul/ Ambaíba ^{5,8}	<u>Alm:</u> fruto doce; <u>Med:</u> anti-hemorroidal, antibleorrágico, leucorreia, feridas; <u>Pro:</u> celulose, cordoaria, fibras resistentes, sabão, tecidos.	Cosmético anti-idade (Fernandes <i>et al.</i> 2019), feridas (Duque <i>et al.</i> 2016), anti-inflamatória (Pacheco <i>et al.</i> 2014), diurético e antioxidante (Machado <i>et al.</i> 2021), neuroprotetora (Bona <i>et al.</i> 2023), antiobesidade (Campos <i>et al.</i> 2021).
Vochysiaceae <i>Vochysia tucanorum</i> Mart./ Caixeta ⁵	<u>Eco:</u> arborização; <u>Mad:</u> caixas, carpintaria, forros, mobília, obras internas, tábuas; <u>Pro:</u> bebida, tinturaria, vinho.	Gastroprotetiva (Martins <i>et al.</i> 2015), antitumoral (Morgan <i>et al.</i> 2021).

A maior parte das plantas estudadas pertence à família Fabaceae (11 espécies). Algumas espécies são endêmicas do Brasil (assinaladas como “*”): *Annona sylvatica* A.St.-Hil. (Annonaceae), *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish (Asteraceae), *Jacaranda puberula* Cham. (Bignoniaceae), *Deguelia costata* (Benth.) A.M.G. & R.A.Camargo (Fabaceae), *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. (Lauraceae), *Campomanesia eugenioides* (Cambess.) D.Legrand ex Landrum e *Myrcia splendens* (Sw.) DC. (Myrtaceae) e *Cecropia hololeuca* Miq. (Urticaceae). Cada autor foi identificado nas tabelas por meio dos índices 1 a 13.

Vinte e nove espécies de plantas ainda não foram submetidas a estudos de validação (Tabela 2). Destas, nove espécies são endêmicas, mostrando o quanto o potencial bioativo da flora do Cerrado e do campo rupestre ainda precisa ser avaliado.

Mais de 30 diferentes usos tradicionais foram registrados pelos autores estudados para as plantas que ocorrem na Serra do Gandarela (Tabela 2). Os usos mais frequentes foram relacionados à categoria medicinal: adstringentes (15 espécies), no tratamento de feridas (12), tônico (10), antissifilíticas (7), carminativo e antifebril (6), antirreumático, leucorreia e peitoral (5), estimulante, excitante, antidiarreico e purgativo (4) e antibleorrágico (3).

Todas as plantas presentes na Tabela 2 foram citadas por Corrêa (1984), com exceção da espécie *Nectandra oppositifolia* Nees e *Dalbergia miscolobium* Benth, confirmando assim a amplitude dos registros feitos por esse autor. É preciso esclarecer que, além dos trabalhos em campo, Pio Corrêa citou em sua obra plantas já registradas por autores dos séculos anteriores. Peckolt e Peckolt (2016) também descreveram espécies citadas em obras anteriores, sendo 15 destas apresentadas da Tabela 2. Outros autores europeus que mais citaram plantas com algum uso tradicional foram Saint-Hilaire (10 espécies) (Saint-Hilaire 1975, 2011, 2014) e Spix e von Martius (5 espécies) (Spix e Martius 1981). É importante novamente destacar o empenho de Frei Vellozo em sua obra do século 18: 14 espécies presentes na Tabela 2 foram citadas por ele (Vellozo 1881). Este elevado número de registros, em comparação com os demais autores, certamente decorre do fato dele ser brasileiro: Frei Vellozo nasceu em Tiradentes (MG) e faleceu no Rio de Janeiro. Em 1755 iniciou a vida religiosa no Rio de Janeiro e em 1771 mudou-se para São Paulo, quando passou a lecionar para os indígenas (Brandão 2019).

Alguns estudos sinalizaram a eficácia das seguintes espécies: A *Xylopiya sericea* A.St.-Hil (Annonaceae), usada para tratar febres intermitentes, um sintoma específico da malária foi eficaz contra o parasita causador da doença (*Plasmodium* sp.) (Gontijo *et al.* 2019). *Annona sylvatica* A.St.-

Hil (Annonaceae), por exemplo, usada como antitussígena, mostrou atividade contra micobactérias, responsáveis pela tuberculose (Araujo *et al.* 2014). Várias outras plantas demonstraram também atividade antimicrobiana, além de antitumoral, antidepressiva, antilipidêmica, antidiabética e contra artrite. A candeia (*Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish), espécie endêmica do cerrado fornece o alfa-bisabolol, substância anti-inflamatória de elevado valor comercial (Amaral *et al.* 2007). Esta substância é extraída do cerne das árvores e exportada para a Europa, onde é incorporada a produtos farmacêuticos e cosméticos como cremes, bronzeadores e protetores solares (Araújo *et al.* 2018). O bisabolol é capaz de combater bactérias multirresistentes, quando associadas a antibióticos usuais (Nascimento *et al.* 2007). Esses resultados confirmam a importância da flora dos ecossistemas do Cerrado, dentre eles o campo rupestre como fonte de substâncias bioativas que podem resolver graves problemas de saúde que acometem a humanidade na atualidade.

Alguns usos tradicionais registrados pelos autores sinalizam potencialidades das plantas também para outros desenvolvimentos tecnológicos (identificados como “Pro”, Tabela 2). Algumas plantas produzem fibras, e aquelas finas e muito flexíveis são ideais para a produção de tecidos. Este aproveitamento poderia ser uma alternativa aos tecidos sintéticos, cujo uso vem sendo questionado devido à liberação dos indesejáveis “microplásticos” (Olivatto *et al.* 2019). Outras plantas foram registradas como sucedâneas (substitutas) de produtos importados, como as gomas usadas como adjuvantes (espessantes) pela indústria alimentícia e farmacêutica: a goma obtida de *Terminalia argentea* Mart. (Combretaceae), *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy (Hypericaceae) e *Pouteria torta* (Mart.) Radlk. (Sapotaceae), por exemplo, é indicada em substituição da guta-percha; as mirtáceas *Myrcia splendens* (Sw) DC. e *Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC. produzem gomas que podem ser substitutas da *Acacia catechu* e do maná (*Tamarix gallica* L., Tamaricaceae), respectivamente (Tabela 2). Outros sucedâneos interessantes são os frutos da *Xylopiia sericera* A. St.Hil (Annonaceae), que foram registrados como sucedâneo da pimenta do reino e a *Miconia cinnamomifolia* (DC) Naudim (Melastomataceae) como substituto do chá verde (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) (Tabela 2).

Outros usos tradicionais foram registrados no Dataplant como arborização, sombreamento e simbiose com insetos (melífera e mirmecófila), bem como também pesquisas realizadas com as plantas como bioindicadores e fitorremediação, que tem estreita relação com aspectos ecológicos. O conjunto dessas informações certamente contribui para a implementação de projetos de reflorestamento, restauração e manejo de áreas degradadas.

Tendo em vista a elevada importância e utilidade das plantas que ocorrem no campo rupestre da região da Serra do Gandarela, é urgente que estratégias de conservação sejam elaboradas e que estas envolvam também os povos e comunidades locais/tradicionais que possuem esse conhecimento. Estudos já apontaram que, junto com a diminuição da biodiversidade, há também a perda de sistemas socioecológicos e conseqüentemente do conhecimento local e/ou tradicional associado a esses recursos (Pearson *et al.* 2021), além da diminuição da diversidade linguística e cultural (Gorenflo *et al.* 2012). Nesse sentido, é fundamental que os saberes detidos por povos e comunidades tradicionais/locais a respeito da natureza sejam protegidos, o que só pode ser garantido por meio da conservação da biodiversidade associada a esse conhecimento.

Conclusão

O presente trabalho evidenciou a elevada diversidade e importância dos usos tradicionais associados às plantas que ocorrem no campo rupestre a partir dos registros dos naturalistas e estudiosos. Com base nesses resultados, é evidente a necessidade de conservação dessas espécies. Nesse sentido, é necessário que os povos e comunidades tradicionais tenham os seus modos de vida garantidos para que o patrimônio genético e o conhecimento relacionado a biodiversidade seja mantido e transmitido. Na região da Serra do Gandarela, o campo rupestre e os saberes tradicionais relacionados ao Cerrado estão sendo fortemente ameaçados por grandes empreendimentos, a exemplo da mineração. Assim, é importante que as Unidades de Conservação exerçam papel fundamental na preservação da biodiversidade, mas que também olhem para os povos que dependem desses recursos para a manutenção dos seus modos de vida.

Participação dos autores: JLAC, CAVA - pesquisa, redação do manuscrito original; PLSN, TTNJ - pesquisa, curadoria de dados; MGLB: conceitualização, metodologia, supervisão, redação – revisão e edição.

Aprovação ética: não se aplica a essa pesquisa.

Disponibilidade dos dados: a lista de espécies da flora foi elaborada com base em informações extraídas de relatórios produzidos pela equipe da Serra do Gandarela e estão armazenados com os autores PLSN e TTNJ. As informações referentes aos usos tradicionais e naturalistas foram retiradas da base de dados Dataplant, disponível em: <https://www.dataplant.org.br>

Fomento: Sem fontes de fomento.

Conflito de Interesses: Os autores declaram que não houve conflito de interesse.

Referências

- Aguiar RWS, Santos SF, Morgado FS, Ascencio SD, Lopes MM, Viana KF, Didonet J, Ribeiro BM. 2015. Insecticidal and repellent activity of *Siparuna guianensis* Aubl. (Negrámina) against *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. PLoS ONE 10(2), Article ID e0116765. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116765>.
- Alcântara BGV, Oliveira FP, Katchborian-Neto A, Casoti R, Domingos ODS, Santos MFC, Oliveira RB, Paula ACC, Dias DF, Soares MG, Chagas-Paula DA. 2021. Confirmation of ethnopharmacological anti-inflammatory properties of *Ocotea odorifera* and determination of its main active compounds. Journal of Ethnopharmacology 264, Article ID 113378. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113378>.
- Alcoba AET, Melo DC, Andrade PM, Dias HJ, Pagotti MC, Magalhães LG, Júnior WGF, Crotti AEM, Miranda MLD. 2018. Chemical composition and in vitro antileishmanial and cytotoxic activities of the essential oils of *Ocotea dispersa* (Nees) Mez and *Ocotea odorifera* (Vell) Rohwer (Lauraceae). Natural Product Research, 32(23): 2865-2868. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1385007>.
- Almeida RS, Freitas PR, Araújo ACJ, Menezes IRA, Santos EL, Tintino SR, Moura TF, Filho JR, Ferreira VA, Silva ACA, Silva LE, Amaral WD, Deschamps C, Iriti M, Coutinho HDM. 2020. GC-MS profile and enhancement of antibiotic activity by the essential oil of *Ocotea odorifera* and safrole: Inhibition of *Staphylococcus aureus* efflux pumps. Antibiotics 9(5): 247. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9050247>.
- Almeida RS, Ribeiro-Filho J, Freitas PR, Araújo ACJ, Santos EL, Tintino SR, Moura TF, Ferreira VA, Ferreira BA, Fonseca VJA, Leite PIP, Silva ACA, Silva LE, Amaral W, Deschamps C, Siyadatpanah A, Wilairatana P, Coutinho HDM. 2022. Enhancement of the antibiotic activity mediated by the essential oil of *Ocotea odorifera* (VELL) ROWHER and safrole association. Journal of Infection and Public Health 15(3): 373-377. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2021.09.028>.

- Almeida MR, Ramos-Leal IC, Ruela HS, Justo-Araujo Md, Martins TM, Pinto-Coelho MG, Kuster RM, Carvalho-Sabino KC. 2013. Anti-tumor potential and acute toxicity of *Jacaranda puberula* Cham. (Bignoniaceae). *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences* 26(5): 881-892.
- Alves RJV, Silva NG, Oliveira JA, Medeiros D. 2014. Circumscribing campo rupestre: megadiverse Brazilian rocky montane savannas. *Brazilian Journal of Biology* 74:355-362. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.23212>.
- Alves VG, Rosa EA, Arruda LL, Rocha BA, Bersani Amado CA, Santin SM, Pomini AM, Silva CC. 2016. Acute toxicity, antiedematogenic activity, and chemical constituents of *Palicourea rigida* Kunth. *Zeitschrift für Naturforschung C* 71(3-4): 39-43. <https://doi.org/10.1515/znc-2015-0036>.
- Amaral AN, Brandão MGL, Oliveira GB, Chartone-Souza E. 2007. Synergistic bactericidal activity by combining candeia oil from *Eremanthus erythropappus* with ampicillin against *Staphylococcus aureus*. *Antonie van Leeuwenhoek* 92: 95-100. doi: 10.1007/s10482-006-9139-x.
- Amorim Gomes G, Martins-Cardoso K, Santos FR, Florencio M, Rosa D, Zuma AA, Santiago GMP, Motta MCM, Carvalho MG, Fampa P. 2021. Antileishmanial activity of the essential oils of *Myrcia ovata* Cambess. and *Eremanthus erythropappus* (DC) McLeisch leads to parasite mitochondrial damage. *Natural Product Research* 35(24): 6117-6121. <https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1827402>.
- Andrade AC, Marinho JFU, Souza AC, Sousa Tavares T, Dias DR, Schwan RF, Nunes CA, Bastos SC. 2020. Prebiotic potential of pulp and kernel cake from Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and Macaúba palm fruits (*Acrocomia aculeata*). *Food Research International* 136, Article ID 109595. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109595>.
- Andrade FI, Purgato GA, Maia TF, Pais Siqueira R, Lima S, Diaz G, Diaz MA. 2015. Chemical Constituents and an Alternative Medicinal Veterinary Herbal Soap Made from *Senna macranthera*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2015, Article ID 217598. <https://doi.org/10.1155/2015/217598>.
- Araujo RC, Neves FA, Formagio AS, Kassuya CA, Stefanello ME, Souza VV, Pavan FR, Croda J. 2014. Evaluation of the anti-mycobacterium tuberculosis activity and in vivo acute toxicity of *Annona sylvatic*. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 14(209). <https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-209>.
- Araújo EJG, Péllico Netto S, Scolforo JRS, Machado SA, Morais VA, David HC. 2018. Sustainable management of *Eremanthus erythropappus* in Minas Gerais, Brazil – A review. *Floresta e Ambiente* 25(3), Article ID e20160516. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.051616>.
- Araújo TSL, Oliveira TM, Sousa NA, Souza LKM, Sousa FBM, Oliveira AP, Nicolau LAD, Silva AAV, Araújo AR, Magalhães PJC, Vasconcelos DFP, Jonge HR, Souza MHL, Silva DA, Paula RCM, Medeiros JVR. 2020. Biopolymer Extracted from *Anadenanthera colubrina* (Red Angico Gum) Exerts Therapeutic Potential in Mice: Antidiarrheal Activity and Safety Assessment. *Pharmaceuticals (Basel)* 13(1):17. <https://doi.org/10.3390/ph13010017>.
- Araújo VO, Gasparotto FM, Pires VA, Maciel AA, Ortmann CF, Cardozo Junior EL, Lourenço EL, Gasparotto Junior A. 2015. Renoprotective Effects of *Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke in C57BL/6 LDLr-Null Mice Undergoing High Fat Diet. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* 2015, Article ID 475380. <https://doi.org/10.1155/2015/475380>.
- Arroyo-Acevedo J, Chávez-Asmat RJ, Anampa-Guzmán A, Donaires R, Ráez-González J. 2015. Protective Effect of *Piper aduncum* Capsule on DMBA-induced Breast Cancer in Rats. *Breast Cancer: Basic and Clinical Research* 2015(9). <https://doi.org/10.4137/BCBCR.S2442>.
- Asensio VG, Flórido F, Ruiz F, Perlatti F, Otero XL, Ferreira TO. 2018. Screening of native tropical trees for phytoremediation in copper-polluted soils. *International Journal of Phytoremediation* 20(14):1456-1463. <https://doi.org/10.1080/15226514.2018.1501341>.
- Assis ALC, Rodrigues PA, Morais SM, Rodrigues ALM, Gomes JMP, Nascimento TS, Oliveira AV, Aguiar MSS, Andrade GM. 2023. *Byrsonima sericea* Ethanol Extract Protected PC12 Cells from the Oxidative Stress and Apoptosis Induced by 6-Hydroxydopamine. *Neurochemical Research* 2023:1-11. <https://doi.org/10.1007/s11064-023-04028-1>

- Assis PA, Theodoro PN, Paula JE, Araújo AJ, Costa-Lotufu LV, Michel S, Grougnet R, Kritsanida M, Espindola LS. 2014. Antifungal ether diglycosides from *Matayba guianensis* Aublet. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* 24(5): 1414-1416. <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2014.01.022>.
- Auth PA, Silva GR, Amaral EC, Bortoli VF, Manzano MI, Souza LM, Lovato ECW, Ribeiro-Paes JT, Gasparotto Junior A, Lívero FADR. 2022. *Croton urucurana* Baill. Ameliorates Metabolic Associated Fatty Liver Disease in Rats. *Frontiers in Pharmacology* 13, Article ID 886122. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.886122>.
- Balsalobre NM, Dos Santos E, Mariano Dos Santos S, Arena AC, Konkiewitz EC, Ziff EB, Formagio ASN, Kassuya CAL. 2023. Potential anti-arthritic and analgesic properties of essential oil and viridiflorol obtained from *Allophylus edulis* leaves in mice. *Journal of Ethnopharmacology* 301, Article ID 115785. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2022.115785>.
- Barbosa LGV, Jesus ENS, Jerônimo LB, Costa JSD, Silva RC, Setzer WN, Silva JKR, Freitas JJS, Figueiredo PL. 2023. *Siparuna guianensis* essential oil antitumoral activity on Ehrlich model and its effect on oxidative stress. *Chemistry & Biodiversity* 20, Article ID e202301120. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202301120>.
- Barroso GM, Ferreira MG, Dos Santos EA, Ferreira EA, Titon M, Xavier PVS, Francino DMT, Santos JBD. 2022. *Mabea fistulifera* and *Zeyheria tuberculosa* can be indicated for phytoremediation programs of soils contaminated with hormonal herbicides. *International Journal of Phytoremediation* 24(9): 987-994. <https://doi.org/10.1080/15226514.2021.1991267>.
- Barth EF, Pinto LS, Dileli P, Biavatti DC, Silva YL, Bortolucci W, Gazim ZC, Takemura OS, Romagnolo MB, Laverde-Junior A. 2018. Biological screening of extracts from leaf and stem bark of *Croton floribundus* Spreng. (Euphorbiaceae). *Brazilian Journal of Biology* 78:601-608. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.166522>.
- Batista PF, Costa AC, Megguer CA, Lima JS, Silva FB, Guimarães DS, Almeida GM, Nascimento KJT. 2017. *Pouteria torta*: a native species of the Brazilian Cerrado as a bioindicator of glyphosate action. *Brazilian Journal of Biology* 78:296-305. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.07416>.
- Benites RS, Formagio AS, Argandoña EJ, Volobuff CR, Trevizan LN, Vieira MC, Silva MS. 2015. Contents of constituents and antioxidant activity of seed and pulp extracts of *Annona coriacea* and *Annona sylvatica*. *Brazilian Journal of Biology* 75(3): 685-691. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.21313>.
- Bona NP, Aguiar MSS, Spohr L, Pedra NS, Santos FDS, Saraiva JT, Alvez FL, Meine BM, Recart V, Farias IV, Ortmann CE, Spanevello RM, Reginatto FH, Stefanello FM. 2024. Protective action of *Cecropia pachystachya* extract and enriched flavonoid fraction against memory deficits, inflammation and oxidative damage in lipopolysaccharide challenged mice. *Journal of Ethnopharmacology* 318 (Part B), Article ID 117080. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.117080>.
- Braga MA, Rodrigues RO, Yaochite JNU, Sasahara GL, Santos FA, Fonseca FRM, Castro Rodrigues NL, Teixeira MJ, Junior JTC, Rodrigues ALM, de Moraes SM, Nagao-Dias AT. 2020. *Astronium fraxinifolium* Schott exerts leishmanicidal activity by providing a classically polarized profile in infected macrophages. *Acta Parasitologica* 65:686-695. <https://doi.org/10.2478/s11686-020-00200-7>.
- Brandão MGL. 2019. Plantas úteis e medicinais na obra de Frei Vellozo. 02. ed. Belo Horizonte: 3i Editora, 150p.
- Brandão MGL, Montemor LM. 2008. Sabedoria antiga em risco. *Ciência Hoje* 42:77-79.
- Brandão MGL, Cosenza GP, Stanislau, AM, Fernandes GW. 2010. Influence of Brazilian herbal regulations on the use and conservation of native medicinal plants. *Environmental Monitoring and Assessment* 164: 369-77. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0899-4>.
- Brandão MGL, Pignal M, Romaniuc S, Graef CFF, Fagg CW. 2012. Useful Brazilian plants listed in the field books of the French naturalist Auguste de Saint-Hilaire (1779-1853). *Journal of Ethnopharmacology* 143:488-500. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.06.052>.
- Brannstrom C, Jepson W, Filippi AM, Redo D, Xu Z, Ganesh S. 2008. Land change in the Brazilian savanna (Cerrado), 1986–2002: Comparative analysis and implications for land-use policy. *Land Use Policy* 25(4): 579-595. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2007.11.008>.

Brasil. Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015. Dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade. Diário Oficial da União, Brasília.

Brasil. Decreto nº 8.772 de 11 de maio de 2016. Regulamenta a Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015, que dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético, sobre a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade. Diário Oficial da União, Brasília.

Bunbury CJF. 1981. Viagem de um Naturalista Inglês ao Rio de Janeiro e Minas Gerais. Itatiaia: Itatiaia, 123p.

Camponogara C, Brum EDS, Belke BV, Brum TF, Jesus RDS, Piana M, Bauermann LF, Oliveira SM. 2020. *Casearia decandra* leaves present anti-inflammatory efficacy in a skin inflammation model in mice. Journal of Ethnopharmacology 249, Article ID 112436. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112436>.

Campos JLA, Albuquerque UP. 2021. Indicators of conservation priorities for medicinal plants from seasonal dry forests of northeastern Brazil. Ecological Indicators 121: Article ID 106993. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106993>.

Campos ML, Castro MB, Campos AD, Fernandes MF, Conegundes JLM, Rodrigues MN, Mügge FLB, Silva AMD, Sabarense CM, Castañon MCMN, Andreatzi AE, Scio E. 2021. Antiobesity, hepatoprotective and anti-hyperglycemic effects of a pharmaceutical formulation containing *Cecropia pachystachya* Trécul in mice fed with a hypercaloric diet. Journal of Ethnopharmacology 280, Article ID 114418. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114418>.

Caldeclough A. 2000. Viagens na América do Sul: extrato da obra contendo relato sobre o Brasil. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 156p.

Calixto Júnior JT, Morais SM, Martins CG, Vieira LG, Morais-Braga MF, Carneiro JN, Machado AJ, Menezes IR, Tintino SR, Coutinho HD. 2015. Phytochemical analysis and modulation of antibiotic activity by *Luehea paniculata* Mart. & Zucc. (Malvaceae) in multiresistant clinical isolates of *Candida* Spp. Biomed Research International, Article ID 807670. <https://doi.org/10.1155/2015/807670>.

Calixto Júnior JT, Morais SM, Gomez CV, Molas CC, Rolon M, Boligon AA, Athayde ML, Oliveira CDM, Tintino SR, Henrique Douglas MC. 2016. Phenolic composition and antiparasitic activity of plants from the Brazilian Northeast "Cerrado". Saudi Journal of Biological Sciences 23:434-40. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.10.009>.

Carvalho AS, Silva MV, Gomes FS, Paiva PMG, Malafaia CB, Silva TD, Vaz AFM, Silva AG, Arruda IRS, Napoleão TH, Carneiro-da-Cunha MG, Correia MTA. 2015. Purification, characterization and antibacterial potential of a lectin isolated from *Apuleia leiocarpa* seeds. International Journal of Biological Macromolecules 75:402-408. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.02.001>.

Carvalho CO, Rodrigues DLC, Lima EC, Umpierrez CS, Chaguezac DFC, Machado FM. 2019. Kinetic, equilibrium, and thermodynamic studies on the adsorption of ciprofloxacin by activated carbon produced from Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*). Environmental Science and Pollution Research 26:4690-4702. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3954-2>.

Casao TDRL, Pinheiro CG, Sarandy MM, Zanatta AC, Vilegas W, Novaes RD, Gonçalves RV, Viana Leite JP. *Croton urucurana* Baillon stem bark ointment accelerates the closure of cutaneous wounds in knockout IL-10 mice. 2020. Journal of Ethnopharmacology 261, Article ID 113042. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113042>.

Cascaes MM, Moraes ÂAB, Cruz JN, Franco CJP, Silva RC, Nascimento LDD, Ferreira OO, Anjos TOD, Oliveira MS, Guilhon GMSP, Andrade EHA. 2022. Phytochemical Profile, Antioxidant Potential and Toxicity Evaluation of the Essential Oils from *Duguetia* and *Xylopia* Species (Annonaceae) from the Brazilian Amazon. Antioxidants 11(9): 1709. <https://doi.org/10.3390/antiox11091709>.

Cascaes MM, Silva SHM, Oliveira MS, Cruz JN, Moraes AAB, Nascimento LD, Ferreira OO, Guilhon GMSP, Andrade EHA. 2023. Exploring the chemical composition, in vitro and in silico study of the anticandidal properties of annonaceae species essential oils from the Amazon. PLoS ONE 18(8), Article ID e0289991. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289991>.

Castelnuovo F. 1949. Expedição às Regiões Centrais da América do Sul. São Paulo: Coleção Brasileira, 448p.

- Castillo D, Sauvain M, Rivaud M, Jullian V. 2014. In vitro and in vivo activity of benzo[c]phenanthridines against *Leishmania amazonensis*. *Planta Medica* 80(11): 902-906. [http://dx.doi.org/ 10.1055/s-0034-1382826](http://dx.doi.org/10.1055/s-0034-1382826).
- Carvalho VF, Ramos LDA, Silva CA, Nebo L, Moraes D, Silva FFA, Costa NCA, Rodrigues Junior RO, Souza LF, Rodrigues RM. 2020. In vitro anthelmintic activity of *Siparuna guianensis* extract and essential oil against *Strongyloides venezuelensis*. *Journal of Helminthology* 94(e50):1-5. <https://doi.org/10.1017/S0022149X19000282>.
- Ceole LF, Cardoso MDG, Soares MJ. 2017. Nerolidol, the main constituent of *Piper aduncum* essential oil, has anti-*Leishmania braziliensis* activity. *Parasitology* 144(9):1179-1190. <https://doi.org/10.1017/S0031182017000452>.
- Cerda H, Carpio C, Ledezma-Carrizalez AC, Sánchez J, Ramos L, Muñoz-Shugulí C, Andino M, Chiurato M. 2019. Effects of aqueous extracts from amazon plants on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) in laboratory, semifield, and field trials. *Journal of Insect Science* 19(5):1-9. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iez068>.
- Conegundes JLM, Silva JMD, Mendes RF, Fernandes MF, Pinto NCC, Almeida MA, Dib PRB, Andrade RO, Rodrigues MN, Castañón MCMN, Macedo GC, Scio E. 2021. Anti-inflammatory and antinociceptive activity of *Siparuna guianensis* Aublet, an amazonian plant traditionally used by indigenous communities. *Journal of Ethnopharmacology* 265, Article ID 113344. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113344>.
- Conserva GAA, Costa-Silva TA, Amaral M, Antar GM, Neves BJ, Andrade CH, Tempone AG, Lago JHG. 2019. Butenolides from *Nectandra oppositifolia* (Lauraceae) displayed anti-*Trypanosoma cruzi* activity via deregulation of mitochondria. *Phytomedicine* 54:302-307. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2018.09.236>.
- Conserva GAA, Quirós-Guerrero LM, Costa-Silva TA, Marcourt L, Pinto EG, Tempone AG, Fernandes JPS, Wolfender JL, Queiroz EF, Lago JHG. 2021. Metabolite profile of *Nectandra oppositifolia* Nees & Mart. and assessment of antitrypanosomal activity of bioactive compounds through efficiency analyses. *PLoS ONE* 16(2), Article ID e0247334. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247334>.
- Conserva GAA, Costa-Silva TA, Quirós-Guerrero LM, Marcourt L, Wolfender JL, Queiroz EF, Tempone AG, Lago JHG. 2021. Kaempferol-3-O- α -(3,4-di-E-p-coumaroyl)-rhamnopyranoside from *Nectandra oppositifolia* releases Ca²⁺ from intracellular pools of *Trypanosoma cruzi* affecting the bioenergetics system. *Chemico-Biological Interactions* 349, Article ID 109661. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2021.109661>.
- Cordeiro KW, Felipe JL, Malange KF, Prado PR, Figueiredo PO, Garcez FR, Freitas KC, Garcez WS, Toffoli-Kadri MC (2016) Anti-inflammatory and antinociceptive activities of *Croton urucurana* Baillon bark. *Journal of Ethnopharmacology* 183:128-135. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.02.051>.
- Correia AF, Silveira D, Fonseca-Bazzo YM, Magalhães PO, Fagg CW, Silva EC, Gomes SM, Gandolfi L, Pratesi R, Nóbrega YKM. 2016. Activity of crude extracts from Brazilian cerrado plants against clinically relevant *Candida* species. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 16(1):1-9. <https://doi.org/10.1186/s12906-016-1164-3>.
- Corrêa MP. 1984. *Dicionário das Plantas Úteis do Brasil e das Exóticas Cultivadas*. Vols. 1-6. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 765p.
- Costa EV, Brígido HP, Silva JV, Coelho-Ferreira MR, Brandão GC, Dolabela MF. 2017a. Antileishmanial Activity of *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. Grose (Bignoniaceae). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Article ID 8074275. <https://doi.org/10.1155/2017/8074275>.
- Costa MCMF, Silva AG, Silva APS, Lima VLM, Bezerra-Silva PC, Rocha SKL, Navarro DMAF, Correia MTDS, Napoleão TH, Silva MV, Paiva PMG. 2017b. Essential Oils from Leaves of Medicinal Plants of Brazilian Flora: Chemical Composition and Activity against *Candida* Species. *Medicines* 4(2):27. <https://doi.org/10.3390/medicines4020027>.
- Costa MP, Bozini MC, Andrade WM, Costa CR, Silva AL, Oliveira CMA, Kato L, Ode FF, Souza LK, Silva MR. 2014. Antifungal and cytotoxicity activities of the fresh xylem sap of *Hymenaea courbaril* L. and its major constituent fisetin. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 14(245): 1-7. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-245>.
- Costa-Silva TA, Conserva GAA, Galisteo AJ Jr, Tempone AG, Lago JHG. 2019. Antileishmanial activity and immunomodulatory effect of secosubamolide, a butanolide isolated from *Nectandra oppositifolia* (Lauraceae). *Journal*

of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases 25, Article ID e20190008. <https://doi.org/10.1590/1678-9199-JVATITD-2019-0008>.

Covre WP, Pereira WVDS, Gonçalves DAM, Teixeira OMM, Amarante CBD, Fernandes AR. 2020. Phytoremediation potential of *Khaya ivorensis* and *Cedrela fissilis* in copper contaminated soil. Journal of Environmental Management 268, Article ID 110733. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110733>.

Duque APDN, Pinto NDCC, Mendes RDF, Silva, JM, Aragão DMDO, Castañon MCMN, Scio E. 2016. In vivo wound healing activity of gels containing *Cecropia pachystachya* leaves. Journal of Pharmacy and Pharmacology 68:128-138. <https://doi.org/10.1111/jphpp.12496>.

Elias ST, Salles PM, Paula JE, Simeoni LA, Silveira D, Guerra EN, Motoyama AB (2013) Cytotoxic effect of *Pouteria torta* leaf extracts on human oral and breast carcinomas cell lines. Journal of Cancer Research and Therapeutics 9 (4):601-606. DOI: 10.4103/0973-1482.126454.

El-Hawary SS, Fathy FI, Sleem AA, Morsy FA, Khadar MS, Mansour MK. 2021. Anticholinesterase activity and metabolite profiling of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman leaves and fruits via UPLC-QTOF-PDA-MS. Natural Product Research 35(10):1671-1675. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1622113>.

Fagg CW, Lughadha EM, Milliken W, Hind DJN, Brandão MGL. 2015. Useful Brazilian plants listed in the manuscripts and publications of the Scottish medic and naturalist George Gardner (1810-1849). Journal of Ethnopharmacology 161:18-29. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.11.035>.

Farias, MD, Albuquerque, PB, Soares, PA, Sá DM, Vicente AA, Carneiro-da-Cunha MG. 2018. Xyloglucan from *Hymenaea courbaril* var. *courbaril* seeds as encapsulating agent of L-ascorbic acid. International Journal of Biological Macromolecules 107(B):1559-1566. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.10.016>.

Ferreira MG, Barroso GM, Costa VAM, Castro BMC, Zanuncio JC, Pereira IM, Ferreira EA, Francino DMT, Santos JB. 2019. Development of native forest species of the Atlantic forest in soil contaminated with hormonal herbicides. International Journal of Phytoremediation 21(9):921-927. <https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1583636>.

Fernandes GW, Pedroni F, Sanchez M, Scariot A, Aguiar LMS, Ferreira GB, RB Machado, ME Ferreira, Diniz S, Pinheiro R, JAS Costa, Dirzo R, Muniz FH. 2018. Cerrado, em busca de soluções sustentáveis. 2a ed. Rio de Janeiro: Vertente Produções Artísticas, 211p.

Fernandes MF, Conegundes JLM, Pinto NCC, Oliveira LG, de Aguiar JAK, Souza-Fagundes EM, Scio E. 2019. *Cecropia pachystachya* Leaves Present Potential to Be Used as New Ingredient for Antiaging Dermocosmetics. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, Article ID 8263934. <https://doi.org/10.1155/2019/8263934>.

Fernandes TV, Paolucci LN, Solar RRC, Neves FS, Campos RI. 2020. Ant removal distance, but not seed manipulation and deposition site increases the establishment of a myrmecochorous plant. Oecologia 192:133-142. <https://doi.org/10.1007/s00442-019-04551-5>.

Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 08 nov. 2020.

Formagio AS, Kassuya CA, Neto FF, Volobuff CR, Iriguchi EK, Vieira, MC, Foglio MA. 2013. The flavonoid content and antiproliferative, hypoglycaemic, anti-inflammatory and free radical scavenging activities of *Annona dioica* St. Hill. BMC Complementary and Alternative Medicine 13(14): 1-8. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-13-14>.

Franco CJP, Ferreira OO, Moraes AAB, Varela ELP, Nascimento LDD, Percário S, Oliveira MS, Andrade EHA. Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oils from *Eugenia patrisii* Vahl, *E. punicifolia* (Kunth) DC., and *Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC., Leaf of Family Myrtaceae. Molecules. 2021 May 29;26(11):3292. doi: 10.3390/molecules26113292.

Fujishima MAT, Sá DMC, Lima CMS, Bittencourt JAHM, Pereira WLA, Muribeca AJB, Silva CYY, Silva MN, Sousa FFO, Santos CBR, Silva JO. 2020. Chemical profiling of *Curatella americana* Linn leaves by UPLC-HRMS and its wound healing activity in mice. PLoS ONE 15(1), Article ID e0225514. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225514>.

Gardner G. 1846. Viagem ao Interior do Brasil. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: EDUSP, 428p.

Gerald C, Howard RK, Adesina R, Hamer S, Christian OE. 2022. Prenylated Benzophenones from *Vismia guianensis* Reduced Nematode Growth and Chemotaxis. *Journal of Nematology* 54(1). <https://doi.org/10.2478/jofnem-2022-0054>.

Gomes CS. 2019. Impacto da expansão do agronegócio brasileiro na conservação dos recursos naturais. *Cadernos do Leste* 19(19):63-78. <https://doi.org/10.29327/248949.19.19-4>.

Gontijo DC, Brandão GC, Gontijo PC, Oliveira AB, Diaz MAN, Fietto LG, Leite JPV. 2017. Identification of phenolic compounds and biologically related activities from *Ocotea odorifera* aqueous extract leaves. *Food Chemistry* 230:618-626. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.087>.

Gontijo DC, Nascimento MFAD, Brandão GC, Oliveira AB. 2019. Phytochemistry and antiplasmodial activity of *Xylopia sericea* leaves. *Natural Product Research* 34(24): 3526-3530. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1577838>.

Gorenflo LJ, Romaine S, Mittermeier RA, Walker-Painemilla K. 2012. Co-occurrence of linguistic and biological diversity in biodiversity hotspots and high biodiversity wilderness areas. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(21): 8032-8037.

Gusman GS, Campana PR, Castro LC, Castilho RO, Teixeira MM, Braga FC. 2015. Evaluation of the effects of some brazilian medicinal plants on the production of TNF- α and CCL2 by THP-1 cells. *Evidence Based and Complementary Alternative Medicine*, Article ID 497123. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.087>.

Hamann FR, Zago AM, Rossato MF, Beck VR, Mello CF, Brum TF, Carvalho LM, Faccin H, Oliveira SM, Rubin MA. 2016. Antinociceptive and antidepressant-like effects of the crude extract of *Vitex megapotamica* in rats. *Journal of Ethnopharmacology* 192:210-216. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.07.045>.

Herrera-Calderon O, Chacaltana-Ramos L, Yuli-Posadas RÁ, Pari-Olarte B, Enciso-Roca E, Tinco-Jayo JA, Rojas-Armas JP, Felix-Veliz LMV, Franco-Quino C. 2019. Antioxidant and Cytoprotective Effect of *Piper aduncum* L. against Sodium Fluoride (NaF)-Induced Toxicity in Albino Mice. *Toxics* 7(2): 28. <https://doi.org/10.3390/toxics7020028>.

ICMBio. 2010. Proposta de criação do Parque Nacional da Serra do Gandarela. Brasília: ICMBio, 103p.

Jesus GS, Micheletti AC, Padilha RG, Paula JS, Alves FM, Leal CRB, Garcez FR, Garcez WS, Yoshida NC. 2020. Antimicrobial Potential of Essential Oils from Cerrado Plants against Multidrug-Resistant Foodborne Microorganisms. *Molecules* 25(14): 3296. <https://doi.org/10.3390/molecules25143296>.

Junior OC, Lima NM, Silva MGA, Aguiar VB, Carli GP, Scherrer EC, Castro SBR, Alves CCS, Oliveira MAL, Carli AP. 2021. In vitro and in vivo evaluation of anti-inflammatory activity and free radical scavenging potential of leaves extract from *Anadenanthera colubrina*. *Natural Product Research* 35(22):4819-4823. <https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1727472>.

Katekawa E, Caverzan J, Mussi L, Camargo-Junior FB, Sufi B, Padovani G, Nazato L, Nogueira C, Magalhães WV, Di Stasi LC. 2020. Novel topical skin hydration agent containing *Anadenanthera colubrina* polysaccharide-standardized herbal preparation. *Journal of Cosmetic Dermatology* 19(7): 1691-1698. <https://doi.org/10.1111/jocd.13217>.

Lopes SG, Barros LB, Louvandini H, Abdalla AL, Costa Junior LM. 2016. Effect of tanniferous food from *Bauhinia pulchella* on pasture contamination with gastrointestinal nematodes from goats. *Parasites & Vectors* 9, Article ID 102. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1370-3>.

Lima LD, Reis ACC, Sousa JAC, Valente GM, de Mello Silva B, Magalhães CLB, Kohlhoff M, Teixeira LFM, Brandão GC. 2023. Anti-Zika Virus Activity and Isolation of Flavonoids from Ethanol Extracts of *Curatella americana* L. Leaves. *Molecules* 28(6): 2546. <https://doi.org/10.3390/molecules28062546>.

Lima RCL, Ferrari FC, Souza MR, Pereira BMS, Paula CA, Saúde-Guimarães DA. 2015. Effects of extracts of leaves from *Sparattosperma leucanthum* on hyperuricemia and gouty arthritis. *Journal of Ethnopharmacology* 161:194-199. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.11.051>.

- Lima SC, Teixeira MJ, Lopes Júnior JEG, Morais SM, Torres AF, Braga MA, Rodrigues RO, Santiago GM, Martins AC, Nagao-Dias AT. 2014. In vitro and in vivo leishmanicidal activity of *Astronium fraxinifolium* (Schott) and *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng against Leishmania (Viannia) braziliensis. BioMed Research International, Article ID 848293. <https://doi.org/10.1155/2014/848293>.
- Lourenço AM, Haddi K, Ribeiro BM, Corrêa RFT, Tomé HVV, Santos-Amaya O, Pereira EJJ, Guedes RNC, Santos GR, Oliveira EE, Aguiar RWS. 2018. Essential oil of *Siparuna guianensis* as an alternative tool for improved lepidopteran control and resistance management practices. Scientific reports 8(1), Article ID 7215. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-25721-0>.
- Machado CD, Klider LM, Tirloni CAS, Marques AAM, Lorençone BR, Batista LP, Romão PVM, Palozi RAC, Guarnier LP, Souza RIC, Dos Santos AC, Silva DB, Raman V, Gasparotto A Junior, Budel JM. 2021. Ethnopharmacological investigations of the leaves of *Cecropia pachystachya* Trécul (Urticaceae): A native Brazilian tree species. Journal of Ethnopharmacology 270, Article ID 113740. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113740>.
- Machado EG, Cardoso Jr O, Lima NM, Carvalho PE, Barbosa AD, Sobrinho GF, Duarte JF, Coelho LR, Soares PPC, Orneles AG, Santos ACB, Santos KB, Castro SBR, Oliveira MAL, Carli AP, Alves CCS. 2019. *Cecropia hololeuca*: A new source of compounds with potential anti-inflammatory action. Natural Product Research 35(16):2772-2777. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1663512>.
- Maia CMA, Pasetto S, Silva JPRE, Tavares JF, Costa EMMB, Murata RM. 2022. *Anandenanthera colubrina* (Vell.) Brenan as an inhibitor of HIV-1 BaL infection. Natural Product Research 36(6): 1621-1625. <https://doi.org/10.1080/14786419.2021.1892097>.
- Magrini FE, Specht A, Gaio J, Girelli CP, Miguez I, Heinzen H, Sartori VC, Cesio V. 2014. Viability of *Cabralea canjerana* extracts to control the South American fruit fly, *Anastrepha fraterculus*. Journal of Insect Science 14(1), Article ID 47. <https://doi.org/10.1093/jis/14.1.47>.
- Manhã EM, Silva MC, Alves, MGC, Almeida MB, Brandão MGL. 2008. PLANT: A bibliographic database about medicinal plants. Revista Brasileira de Farmacognosia 18: 614-617. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2008000400020>.
- Marchesini P, Oliveira DR, Gomes GA, Rodrigues THS, Maturano R, Fidelis QC, Catunda Júnior FEA, Carvalho MG, Bittencourt VREP, Monteiro CMO. 2021. Acaricidal activity of essential oils of *Cinnamomum zeylanicum* and *Eremanthus erythropappus*, major compounds and cinnamyl acetate in *Rhipicephalus microplus*. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária 30(3), e009221. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612021070>.
- Marent BR, Lamounier WF, Gontijo BM. 2011. Conflitos ambientais na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero - MG: mineração x preservação. Geografias 7(1):99-113. <https://doi.org/10.35699/2237-549X..13311>.
- Martins JL, Rodrigues OR, Sousa FB, Fajemiroye JO, Galdino PM, Florentino IF, Costa EA. 2015. Medicinal species with gastroprotective activity found in the Brazilian Cerrado. Fundamental & Clinical Pharmacology 29(3): 238-251. <https://doi.org/10.1111/fcp.12113>.
- Martins RMG, Xavier-Júnior FH, Barros MR, Menezes TM, Assis CRD, Melo ACGR, Veras BO, Ferraz VP, Filho AAM, Yogui GT, Bezerra RS, Seabra GM, Neves JL, Tadei WP. 2021. Impact on cholinesterase-inhibition and in silico investigations of sesquiterpenoids from Amazonian *Siparuna guianensis* Aubl. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 252, Article ID 119511. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2021.119511>.
- Matos JM, Costa ARC, Justino MN, Camara MBP, Vasconcelos OLS, Marques JC, Brandão CM, de Carvalho Marques GE. 2023. Chemical prospection and antioxidant activity of *Humiria balsamifera* (Aubl.) A. St. Hil. and *Hymenaea courbaril* L. Natural Product Research 1-5. <https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2189708>.
- Mayanga-Herrera A, Tapia-Rojas S, Fukusaki-Yoshizawa A, Marcelo-Rodríguez Á, Amiel-Pérez J. 2020. Cytotoxic activity of the chloroform fraction of *Piper aduncum* and its effect on the cell cycle in gastric cancer cell lines. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública 37: 471-477. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2020.373.5157>.
- Mendes de Toledo CE, Santos PR, Palazzo de Mello JC, Dias Filho BP, Nakamura CV, Ueda-Nakamura T. 2015. Antifungal Properties of Crude Extracts, Fractions, and Purified Compounds from Bark of *Curatella americana* L. (Dilleniaceae)

against *Candida* Species. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, Article ID 673962. <https://doi.org/10.1155/2015/673962>.

Mendes RF, Pinto NC, Silva JM, Silva JB, Hermisdorf RC, Fabri RL, Chedier LM, Scio EJ. 2017. The essential oil from the fruits of the Brazilian spice *Xylopia sericea* A. St.-Hil. presents expressive in-vitro antibacterial and antioxidant activity. Journal of Pharmacy and Pharmacology 69:341-348. <https://doi.org/10.1111/jphp.12698>.

Mengarda AC, Silva MP, Cirino ME, Morais TR, Conserva GAA, Lago JHG, de Moraes J. 2021. Licarin A, a neolignan isolated from *Nectandra oppositifolia* Nees & Mart. (Lauraceae), exhibited moderate preclinical efficacy against *Schistosoma mansoni* infection. Phytotherapy Research, 35(9): 5154-5162. <https://doi.org/10.1002/ptr.7184>.

Merlugo L, Santos MC, Sant'Anna LS, Cordeiro EW, Batista LA, Miotto ST, Garcia CV, Moreira CM, Mendez AS. 2015. Alkaloids in *Erythrina* by UPLC-ESI-MS and in vivo hypotensive potential of extractive preparations. Evidence Based Complementary and Alternative Medicine, Article ID 959081. <https://doi.org/10.1155/2015/959081>.

Meyer ST, Castro SR, Fernandes MM, Soares AC, Freitas GAS, Ribeiro E. 2016. Heavy-metal-contaminated industrial soil: Uptake assessment in native plant species from Brazilian Cerrado. International Journal of Phytoremediation 18(8): 832-838. <https://doi.org/10.1080/15226514.2016.1146224>.

Montalvão MM, Felix FB, Santos EWP, Santos JF, Lucca Júnior W, Farias AS, Ribeiro AS, Cavaleiro C, Machado SMF, Scher R, Corrêa CB. 2023. Cytotoxic activity of essential oil from Leaves of *Myrcia splendens* against A549 Lung Cancer cells. BMC Complementary Medicine and Therapies 23(1):1-9. <https://doi.org/10.1186/s12906-023-03969-y>.

Moraes TS, Leandro LF, Silva LO, Santiago MB, Souza AB, Furtado RA, Tavares DC, Veneziani RCS, Ambrósio SR, Bastos JK, Martins CHG. 2016. In vitro evaluation of *Copaifera oblongifolia* oleoresin against bacteria causing oral infections and assessment of its cytotoxic potential. Current Pharmaceutical Biotechnology 17(10):894-904.

Morais TR, Conserva GAA, Varela MT, Costa-Silva TA, Thevenard F, Ponci V, Fortuna A, Falcão AC, Tempone AG, Fernandes JPS, Lago JHG. 2020. Improving the drug-likeness of inspiring natural products - evaluation of the antiparasitic activity against *Trypanosoma cruzi* through semi-synthetic and simplified analogues of licarin A. Scientific Reports 10(1): 5467. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62352-w>.

Moreira MRA, Sales-Campos H, Fontanari C, Meireles AFG, Prado MKB, Zoccal KF, Sorgi CA, Silva CT, Groppo M, Faccioli LH. 2020. The ethanolic extract of *Terminalia argentea* Mart. & Zucc. bark reduces the inflammation through the modulation of cytokines and nitric oxide mediated by the downregulation of NF- κ B. Journal of Ethnopharmacology 261, Article ID 113150. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113150>.

Morgan HJN, Delgado AQ, Saldanha LL, Camaforte NAP, Dokkedal AL, Bosqueiro JR. 2021. *Vochysia tucanorum* Mart. butanol fraction presents antitumoral activity in vivo and prevents the installation of cachexia in solid Ehrlich tumor model. BMC Complementary Medicine and Therapies 21: 1-13. <https://doi.org/10.1186/s12906-020-03190-1>.

Motta EP, Farias JR, Costa AACD, Silva AFD, Oliveira Lopes AJ, Cartágenes MDSS, Nicolete R, Abreu AG, Fernandes ES, Nascimento FRF, Rocha CQD, Monteiro CA, Guerra RNM. 2022. The Anti-Virulence Effect of *Vismia guianensis* against *Candida albicans* and *Candida glabrata*. Antibiotics 11(12): 1834. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11121834>.

Neto BM, Leitão JMSR, Oliveira LGC, Santos SEM, Carneiro SMP, Rodrigues KAF, Chaves MH., Arcanjo DDR, Carvalho FAA. 2016. Inhibitory effects of *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. (Rutaceae) against the infection and infectivity of macrophages by *Leishmania amazonensis*. Anais da Academia Brasileira de Ciências 88:1851-1861. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620150131>.

Olivatto GP, Martins MCT, Montagner CC, Henry TB, Carreira RS. 2019. Microplastic contamination in surface waters in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. Marine Pollution Bulletin 139:157-162. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.12.042>.

Oliveira DR, Zamberlam CR, Gaiardo RB, Rêgo GM, Cerutti JM, Cavalheiro AJ, Cerutti SM. 2014. Flavones from *Erythrina falcata* are modulators of fear memory. BMC Complementary and Alternative Medicine 14(288):1-17. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-288>.

- Oliveira AH, Oliveira GG, Neto FC, Portuondo DF, Batista-Duarte A, Carlos IZ. 2017. Anti-inflammatory activity of *Vismia guianensis* (Aubl.) Pers. extracts and antifungal activity against *Sporothrix schenckii*. *Journal of Ethnopharmacology* 195:266-274.
- Pacheco NR, Pinto NCC, Silva JM, Mendes RF, Costa JC, Aragão DMO, Castañon MCMN, Scio E. 2014. *Cecropia pachystachya*: a species with expressive in vivo topical anti-inflammatory and in vitro antioxidant effects. *BioMed Research International*, Article ID 301294. <https://doi.org/10.1155/2014/301294>.
- Pearson J, Jackson G, McNamara KE. 2021. Climate-driven losses to Indigenous and local knowledge and cultural heritage. *The Anthropocene Review* 10(2): 343-366.
- Peckolt T, Peckolt G. 2016. *História das Plantas Medicinais e Úteis do Brasil*. 1ª ed. Belo Horizonte: Fino Traço, 904p.
- Pereira KC, Quintela ED, Nascimento VA, Silva DJ, Rocha DVM, Silva JFA, Arthurs SP, Forim MR, Silva FG, Cazal CM. 2022. Characterization of *Zanthoxylum rhoifolium* (Sapindales: Rutaceae) Essential Oil Nanospheres and Insecticidal Effects to *Bemisia tabaci* (Sternorrhyncha: Aleyrodidae). *Plants* 11(9), Article ID 1135.
- Pessoa WS, Estevão LRM, Simões RS, Barros MEG, Mendonça FS, Baratella-Evêncio L, Evêncio-Neto J. 2012. Effects of angico extract (*Anadenanthera colubrina* var. *cebil*) in cutaneous wound healing in rats. *Acta Cirurgica Brasileira* 27(10): 655-670. <https://doi.org/10.1590/S0102-86502012001000001>.
- Piekarski-Barchik P, Ávila S, Ferreira SMR, Santos NCS, Marques FA, Dos Santos MP, Grassi MT, Miguel MD, Miguel OG. 2021. Mineral Content, Antioxidant Activity and Essential Oil of *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radlk. Leaves: Plant from South American Biodiversity. *Chemistry & Biodiversity* 18(8), Article e2100257. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202100257>.
- Pinheiro RP, Moraes MA, Santos BCS, Fabri RL, Del-Vechio-Vieira G, Yamamoto CH, Araújo ALSM, Araújo ALA, Sousa OV. 2018. Identification of compounds from *Palicourea rigida* leaves with topical anti-inflammatory potential using experimental models. *Inflammopharmacology* 26:1005-1016. <https://doi.org/10.1007/s10787-017-0415-3>.
- Pinto IR, Chaves HV, Freire JMO, Sousa LHT, Monteiro DAM, Costa JJDN, Pereira KMA, Santiago GMP, Sousa LM, Silva MR, Monteiro AO, Montenegro RC, Moraes MEA, Filho GC, Pinto VPT, Bezerra MM. 2020. A semi-synthetic flavonoid from *Bauhinia pulchella* stem attenuates inflammatory osteolysis in periodontitis in rats: Impact on cytokine levels, oxidative stress, and RANK/RANKL/OPG pathway. *Archives of Oral Biology* 117, 104816. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2020.104816>.
- Pinto MEF, Chan LY, Koehbach J, Devi S, Gründemann C, Gruber CW, Gomes M, Bolzani VS, Cilli EM, Craik DJ. 2021. Cyclotides from Brazilian *Palicourea sessilis* and Their Effects on Human Lymphocytes. *Journal of Natural Products* 84(1): 81-90. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.0c01069>.
- Pires VA, Cardozo-Junior EL, Ortmann CF, Maraschin JC, Favreto WAJ, Donaduzzi CM, Reginatto FH, Assreuy J. 2018. Lipid-lowering and antiatherogenic effects of *Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke in a mice experimental model. *Journal of Ethnopharmacology* 215:14-20. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.12.030>.
- Pohl JE. 1976. *Viagem ao Interior do Brasil*. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: EDUSP, 420p.
- Pontes FC, Abdalla VCP, Imatomi M, Fuentes LFG, Gualtieri SCJ. 2019. Antifungal and antioxidant activities of mature leaves of *Myrcia splendens* (Sw.) DC. *Brazilian Journal of Biology* 79:127-132. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.179829>.
- Prates SMS, Mugge FLB, Paula-Souza J, Brandão MGL. 2020. Potencial econômico das plantas usuais dos brasileiros: espécies da Bacia do Rio Pandeiros. *Flora* 1:8-13.
- Queiroz SAS, Pinto MEF, Bobey AF, Russo HM, Batista ANL, Batista JM Jr, Codo AC, Medeiros AI, Bolzani VS. 2020. Diterpenoids with inhibitory activity of nitrite production from *Croton floribundus*. *Journal of Ethnopharmacology* 249, Article ID 112320. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.179829>.

Ricardo LM, Dias BM, Mügge FLB, Leite VV, Brandão MGL. 2018. Evidence of traditionality of Brazilian medicinal plants: The case studies of *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville (barbatimão) barks and *Copaifera* spp. (copaíba) oleoresin in wound healing. *Journal of Ethnopharmacology* 219:319-336. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.02.042>.

Rodrigues LA, Almeida AA, Agrizii AP, Pacheco N, Carvalho BCR, Zanatta AC, Kohlhoff M, Torres CMME, Bressan GC, Leite JPV. 2023. Cytotoxic screening of plants from the Brazilian Atlantic Forest has led to the identification of *Casearia arborea* and *Sorocea hilarii* as sources of antitumor compounds. *Natural Product Research* 1-6. <https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2225689>.

Rodrigues PA, de Moraes SM, Aguiar LA, Vila-Nova NS, Benjamin SR. 2019. Effect of *Byrsonima sericea* DC. leaf extracts on mice gastrointestinal tract. *Toxicology Reports* 6: 1182-1187. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2019.10.018>.

Rody HVS, Gontijo DDC, Coelho VPM, Ventrella MC, Pádua RM, Fietto LG, Leite JPV. 2018. Mutagenic activity and chemical composition of phenolic-rich extracts of leaves from two species of *Ficus* medicinal plants. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 81(17): 861-872. <https://doi.org/10.1080/15287394.2018.1498420>.

Roma RR, Dias LP, Santos ALE, Silva RRS, Santos MHC, Rocha BAM, Carneiro RF, Nagano CS, Sampaio AH, Oliva MLV, Silva CGL, Souza ROS, Teixeira CS. 2023. Purification, characterization and evaluation of the anticoagulant effect of an uncompetitive trypsin inhibitor obtained from *Bauhinia pulchella* (Benth) seeds. *Current Protein & Peptide Science*, 2023. <https://doi.org/10.2174/1389203724666230908114115>.

Saint-Hilaire A. 1975. Viagem pelas Províncias do Rio de Janeiro e Minas Gerais. Belo Horizonte, Itatiaia, São Paulo: EDUSP, 378p.

Saint-Hilaire A. 2011. História das Plantas Mais Notáveis do Brasil e do Paraguai. Belo Horizonte: Fino Traço, 376p.

Saint-Hilaire A. 2014. Plantas Usuais dos Brasileiros. Belo Horizonte: Fino Traço, 344p.

Sales PM, Souza PM, Dartora M, Resck IS, Simeoni LA, Fonseca-Bazzo YM, Oliveira Magalhães P, Silveira D. 2017. *Pouteria torta* epicarp as a useful source of α -amylase inhibitor in the control of type 2 diabetes. *Food and Chemical Toxicology* 109: 962-969. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.03.015>.

Santos AR, Benghi TGS, Nepel A, Marques FA, Lobão AQ, Duarte MCT, Ruiz ALTG, Carvalho JE, Maia BHLNS. 2017. In vitro Antiproliferative and Antibacterial Activities of Essential Oils from Four Species of *Guatteria*. *Chemistry & Biodiversity* 14(10), e1700097. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201700097>.

Santos IR, Abdel-Azeem AM, Mohesien MT, Piekutowska M, Sheir DH, da Silva LL, da Silva Castro C, Carvalho DDC, Bezerra JDP, Saad HA, Borges LL, Xavier-Santos S. 2021. Insights into the Bioprospecting of the Endophytic Fungi of the Medicinal Plant *Palicourea rigida* Kunth (Rubiaceae): Detailed Biological Activities. *Journal of Fungi (Basel)* 7(9):689. <https://doi.org/10.3390/jof7090689>.

Santos NO, Mariane B, Lago JH, Sartorelli P, Rosa W, Soares MG, da Silva AM, Lorenzi H, Vallim MA, Pascon RC. 2015. Assessing the Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oils from Brazilian Plants-*Eremanthus erythropappus* (Asteraceae), *Plectrantuns barbatus*, and *P. amboinicus* (Lamiaceae). *Molecules* 20(5): 8440-8452. <https://doi.org/10.3390/molecules20058440>.

Santos RL, Miguêz LS, Castro JO, Silva-Jardim I, Bastos TM, Sousa KAF, Soares MBP, Souza AJ, Santana AN, Jesus AS, Pereira MG, Neta LCS. 2023. Antileishmania, anti-Trypanosoma cruzi and antimicrobial activities of scandenin and 4'-O-methyliderrone from *Deguelia costata*. *Natural Product Research* 37(17): 2951-2956. <https://doi.org/10.1080/14786419.2022.2140336>.

Santos SMD, Oliveira Junior PC, Balsalobre NM, Kassuya CAL, Cardoso CAL, Pereira ZV, Silva RMME, Formagio ASN. 2021. Variation in essential oil components and anti-inflammatory activity of *Allophylus edulis* leaves collected in central-western Brazil. *Journal of Ethnopharmacology* 267, Article ID 113495. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113495>.

Santos AL, Yamamoto ES, Passero LFD, Laurenti MD, Martins LF, Lima ML, Uemi M, Soares MG, Lago JHG, Tempone AG, Sartorelli P. 2017. Antileishmanial activity and immunomodulatory effects of tricinin isolated from leaves of *Casearia arborea* (Salicaceae). *Chemistry & Biodiversity* 14(5), Article ID e1600458.

- Santos JS, Marinho RR, Ekundi-Valentim E, Rodrigues L, Yamamoto MH, Teixeira SA, Muscara MN, Costa SK, Thomazzi SM. 2013. Beneficial effects of *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan extract on the inflammatory and nociceptive responses in rodent models. *Journal of Ethnopharmacology* 148(1):218-222. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.04.012>.
- Santos NP. 2005. Theodoro Peckolt: a produção científica de um pioneiro da fitoquímica no Brasil. *História, Ciências, Saúde - Manguinhos* 12(2):515-533. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702005000200018>.
- Scaramussa SAL, Soares LA, Santana LCLA. 2022. Extracts from jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) peel and seeds: Antioxidant and antimicrobial activities and synergistic effect of extract combinations. *Food Science and Technology International* 0(0): 1–9. <https://doi.org/10.1177/10820132221136589>.
- Silva DB. 1997. Diários de Langsdorff. Vols 1-3. Rio de Janeiro: Fiocruz, 400p.
- Silva DM, Costa PA, Ribon AO, Purgato GA, Gaspar DM., Diaz MA. 2019a. Plant extracts display synergism with different classes of antibiotics. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 91, Article ID e20180117. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920180117>.
- Silva DR, Rosalen PL, Freires IA, Sardi JCO, Lima RF, Lazarini JG, Costa TKVLD, Pereira JV, Godoy GP, Costa EMMB. 2019b. *Anadenanthera colubrina* vell Brenan: anti-Candida and antibiofilm activities, toxicity and therapeutical action. *Brazilian Oral Research*, 33. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2019.vol33.0023>.
- Silva MT, Soldati GT, Dallagnol AH. 2020. Nossos conhecimentos sobre a sociobiodiversidade: salvaguardando uma herança ancestral. Uma visão popular da Lei 13.123/2015, o marco legal da biodiversidade brasileira e do acesso e repartição de benefícios sobre o conhecimento tradicional associado. Disponível em <https://www.terradedireitos.org.br/uploads/arquivos/Cartilha-Sociobiodiversidade-web%281%29.pdf>. Acesso em 23 out 2023.
- Sá FAS, Paula JAM, Santos PA, Oliveira LAR, Oliveira GAR, Lião LM, Paula JR, Silva MRR. 2017. Phytochemical Analysis and Antimicrobial Activity of *Myrcia tomentosa* (Aubl.) DC. leaves. *Molecules* 22(7):1100. <https://doi.org/10.3390/molecules22071100>.
- Siqueira CA, Serain AF, Pascoal AC, Andrezza NL, Lourenço CC, Ruiz AL, Carvalho JE, Souza AC, Mesquita JT, Tempone AG, Salvador MJ. 2015. Bioactivity and chemical composition of the essential oil from the leaves of *Guatteria australis* A. St.-Hil. *Natural Product Research* 29(20):1966-1969. <https://doi.org/10.1080/14786419.2015.1015017>.
- Silvério MS, Del-Vechio-Vieira G, Pinto MA, Alves MS, Sousa OV. 2013. Chemical composition and biological activities of essential oils of *Eremanthus erythropappus* (DC) McLeisch (Asteraceae). *Molecules* 18(8): 9785-9796. <https://doi.org/10.3390/molecules18089785>.
- Spera KD, Figueiredo PA, Santos PCE, Barbosa FC, Alves CP, Dokkedal AL, Saldanha LL, Silva LP, Figueiredo CR, Ferreira PC, Silva RMGD. 2019. Genotoxicity, anti-melanoma and antioxidant activities of *Hymenaea courbaril* L. seed extract. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 91(4): e20180446. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920180446>.
- Spix JB, Martius CFP. 1981. Viagem pelo Brasil (1817-1820). Vols1-3. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: EDUSP, 896p.
- Takao LK, Imatomi M, Gualtieri SC. 2015. Antioxidant activity and phenolic content of leaf infusions of Myrtaceae species from Cerrado (Brazilian Savanna). *Brazilian Journal of Biology* 75(4): 948-952. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.03314>.
- Tavares LDC, Zanon G, Weber AD, Neto AT, Mostardeiro CP, Cruz IBM, Oliveira RM, Ilha V, Dalcol II, Morel AF. 2014. Structure-activity relationship of benzophenanthridine alkaloids from *Zanthoxylum rhoifolium* having antimicrobial activity. *PLoS ONE* 9(5), Article ID e97000. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097000>.
- Teixeira FM, Coelho MN, José-Chagas FDN, Malvar DDC, Kanashiro A, Cunha FQ, Machado Vianna-Filho MD, da Cunha Pinto A, Vanderlinde FA, Costa SS. 2020. Oral treatments with a flavonoid-enriched fraction from *Cecropia hololeuca* and with rutin reduce articular pain and inflammation in murine zymosan-induced arthritis. *Journal of Ethnopharmacology* 260, 112841. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.112841>.
- Toledo PFS, Ferreira TP, Bastos IMAS, Rezende SM, Viteri Jumbo LO, Didonet J, Andrade BS, Melo TS, Smagghe G, Oliveira EE, Aguiar RWS. 2019. Essential oil from Negramina (*Siparuna guianensis*) plants controls aphids without

impairing survival and predatory abilities of non-target ladybeetles. *Environmental Pollution* 255, Article ID 113153. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113153>.

Teixeira N, Melo JCS, Batista LF, Paula-Souza J, Fronza P, Brandão MGL. 2019. Edible fruits from Brazilian biodiversity: A review on their sensorial characteristics versus bioactivity as tool to select research. *Food Research International* 119:325-348. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.058>.

Trevizan LNF, Nascimento KFD, Santos JA, Kassuya CAL, Cardoso CAL, Vieira MDC, Moreira FME, Croda J, Formaggio ASN. 2016. Anti-inflammatory, antioxidant and anti-Myco bacterium tuberculosis activity of viridiflorol: The major constituent of *Allophylus edulis* (A. St.-Hil., A. Juss. & Cambess.) Radlk. *Journal of Ethnopharmacology* 192: 510-515. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.08.053>.

Valadares ACF, Alves CCF, Alves JM, Deus, IPB, Oliveira Filho JG, Santos TCL, Dias HJ, Crotti AEM, Miranda ML. 2018. Essential oils from *Piper aduncum* inflorescences and leaves: chemical composition and antifungal activity against *Sclerotinia sclerotiorum*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 90: 2691-2699. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820180033>.

Vellozo JMC. 1881. *Florae fluminensis, seu descriptionum plantarum praefectura fluminense sponte nacentium liberprimus ad systema sexuale concinnatus*. Rio de Janeiro: Flumine Januario, 461p.

Venturini CL, Damazo AS, Silva MJD, Muller JAI, Oliveira DM, Figueiredo FF, Serio BFD, Arunachalam K, Martins DTO. 2024. Antiulcer activity and mechanism of action of the hydroethanolic extract of leaves of *Terminalia argentea* Mart. in different in vivo and in vitro experimental models. *Journal of Ethnopharmacology* 318, Article ID 116972. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.116972>.

World Health Organization. 2007. WHO Monographs on Selected Medicinal Plants. Vol. 3. Disponível em: <https://www.medbox.org/pdf/5e148832db60a2044c2d1bd3>. Acesso em: 09 nov 2023.

World Health Organization. 2013. WHO Traditional Medicine Strategy: 2014-2023. Disponível em: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/92455/9789241506090_eng.pdf?sequence=1. Acesso em 09 nov. 2023.





Zago PMJJ, Silva GR, Amaral EC, Barboza LN, Braga FA, Lorençone BR, Marques AAM, Moreno KGT, Leite PRT, Veiga AA, Souza LM, Souza RIC, Santos AC, Ribeiro-Paes JT, Gasparotto Junior A, Lívero FADR. 2021. Multiple Risk Factors for Heart Disease: A Challenge to the Ethnopharmacological Use of *Croton urucurana* Baill. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Article ID 6580458. <https://doi.org/10.1155/2021/6580458>.

Zimath PL, Dalmagro AP, Silva LM, Malheiros A, Souza MM. 2021. Myrsinoic acid B from *Myrsine coriacea* reverses depressive-like behavior and brain oxidative stress in streptozotocin-diabetic rats. *Chemico-Biological Interactions* 347, Article ID 109603. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2021.109603>.



Esta obra está licenciada com uma *Licença Creative Commons Atribuição Não-Comercial 4.0 Internacional*.

Avaliação da dispersão de monóxido de carbono (CO) proveniente de veículos automotivos em região de alto fluxo veicular no Recife, Brasil

Fernando Leite Nunes da Costa^{1*} , Glauber Lopes Mariano² , Marilda Nascimento Carvalho¹ , Regina Coeli Lima¹ 

1 Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) – Recife-PE. Av. Dom Manuel de Medeiros, S/N – Dois Irmãos – CEP: 52171-900 – Recife-PE.

2 Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – Maceió - AL. Av. Lourival Melo Mota, S/N – Tabuleiro do Martins – CEP: 57072-900 – Maceió – AL.

*Autor para correspondência: nandoleite28@hotmail.com

Recebido em 22 de agosto de 2023.

Aceito em 12 de fevereiro de 2024.

Publicado em 8 de março de 2024.

Resumo - A poluição do ar, decorrente da combustão de matrizes fósseis, representa uma ameaça global à saúde pública, sendo os veículos motorizados destacados como principais emissores em áreas urbanas. O monóxido de carbono (CO), resultante da queima incompleta desses combustíveis, é inodoro e incolor, apresentando riscos à saúde e ao meio ambiente. A exposição a níveis elevados de CO pode causar sintomas de envenenamento e levar à morte. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo investigar, por meio de simulações com o modelo HYSPLIT, a dispersão das emissões veiculares de CO e as trajetórias (*forward trajectories*) do vento em um trecho urbano de alto fluxo veicular em Recife no mês de outubro de 2021. Os resultados indicam altas concentrações de CO próximas ao local investigado, especialmente durante a madrugada (0h às 8h), com menor dispersão nesse período, mas dentro dos limites estabelecidos pelo Conama 491/2018. Notavelmente, 83% dos ventos possuem direção predominante de sudeste, contribuindo para uma dispersão maior durante o horário diurno e afetando áreas mais extensas.

Palavras-chave: Poluição do ar. Emissões veiculares. HYSPLIT. Ambiente urbano.

Evaluation of the dispersion of carbon monoxide (CO) emitted from automotive vehicles in a high-traffic region in Recife, Brazil

Abstract - Air pollution resulting from the combustion of fossil fuels poses a global threat to public health, with motorized vehicles identified as major contributors in urban areas. Carbon monoxide (CO), a byproduct of incomplete combustion of these fuels, is odorless and colorless, posing risks to both health and the environment. Exposure to elevated levels of CO can lead to symptoms of poisoning and even death. In this context, the present study aimed to investigate, through simulations

using the HYSPLIT model, the dispersion of vehicular CO emissions and the trajectories (forward trajectories) of wind in a high-traffic urban section in Recife during October 2021. The results indicate high concentrations of CO near the investigated site, especially during the early morning hours (0h to 8h), with lower dispersion during this period but within the limits established by Conama 491/2018. Remarkably, 83% of the winds exhibit a predominant southeast direction, contributing to greater dispersion during daylight hours and affecting larger areas.

Keywords: Air pollution. Vehicle emissions. HYSPLIT. Urban environment.

Evaluación de la dispersión de monóxido de carbono (CO) proveniente de vehículos automotores en una región de alto flujo vehicular en Recife, Brasil

Resumen - La contaminación del aire resultante de la combustión de combustibles fósiles representa una amenaza global para la salud pública, siendo los vehículos motorizados identificados como principales emisores en áreas urbanas. El monóxido de carbono (CO), un subproducto de la combustión incompleta de estos combustibles, es inodoro e incoloro, presentando riesgos tanto para la salud como para el medio ambiente. La exposición a niveles elevados de CO puede causar síntomas de envenenamiento e incluso la muerte. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo investigar, mediante simulaciones con el modelo HYSPLIT, la dispersión de las emisiones vehiculares de CO y las trayectorias (forward trajectories) del viento en un tramo urbano de alto flujo vehicular en Recife durante octubre de 2021. Los resultados indican altas concentraciones de CO cerca del sitio investigado, especialmente durante las primeras horas de la mañana (de 0h a 8h), con una menor dispersión durante este período pero dentro de los límites establecidos por el Conama 491/2018. Notablemente, el 83% de los vientos tienen una dirección predominante del sureste, contribuyendo a una mayor dispersión durante las horas diurnas y afectando áreas más extensas.

Palabras clave: Contaminación del aire. Emisiones vehiculares. HYSPLIT. Entorno urbano.

Introdução

A poluição do ar é um assunto de relevância global, devido aos impactos adversos que podem causar nos receptores, seres humanos, ecossistemas, fauna, flora etc. (Ceratti *et al.* 2018). Dessa forma, com a urbanização das cidades, as emissões veiculares tornaram-se uma fonte crítica de poluição do ar nas áreas metropolitanas. Além disso, as emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO) e compostos orgânicos voláteis dos veículos são reconhecidos como os principais precursores do ozônio e dos aerossóis orgânicos secundários em áreas metropolitanas (Tsai *et al.* 2021).

Dentre os poluentes atmosféricos mais estudados, destaca-se o monóxido de carbono (CO), que possui origem tanto pelas fontes naturais, como atividades vulcânicas e emissões de gás natural, quanto por fontes antropogênicas, como resultado da queima incompleta de combustíveis fósseis, emissões veiculares e industriais, queima de biomassa e tabaco (cigarro) (CETESB 2022). Esse poluente é tóxico para os seres humanos porque sua molécula é relativamente pequena e facilmente disposta a entrar

nos sistemas respiratórios, forçando o oxigênio fora dos glóbulos vermelhos e impedir a oxigenação dos tecidos (Reichert 2017).

A exposição prolongada a altos níveis de concentração de CO pode causar problemas respiratórios e cardíacos, disfunção cerebral e até a morte (Reichert 2017). Assim, o monóxido de carbono também é um poluente que pode ser tanto nocivo para o meio ambiente quanto para a saúde pública, pois sua presença pode afetar a qualidade do ar e agravar os casos de doenças respiratórias.

O monitoramento das concentrações das emissões atmosféricas de poluentes, principalmente de fonte veicular, é imprescindível, uma vez que coleta e gera informações das concentrações dos poluentes atmosféricos, habilita tomadas de decisões com vistas ao planejamento de ações, além de fornecer informações para propostas de políticas públicas voltadas à melhoria da qualidade do ar (WHO 2016).

Segundo Vormittag *et al* (2021), o Brasil tem 430 estações de monitoramento. Dessas, apenas 371 estão em atividade. Nos Estados Unidos, contudo, a quantificação do Sistema de Qualidade do Ar chega ao número de 5.000 estações ativas (EPA 2020). Isso representa 1247% de estações de monitoramento a mais em comparação com a realidade brasileira. Além disso, a grande maioria das estações brasileiras concentra-se na Região Sudeste (80,3%) e, a menor parte, na Região Nordeste (1,1%) (Vormittag *et al*. 2021).

No Estado de Pernambuco, em 2023 existem listadas seis estações de monitoramento da qualidade do ar e nenhuma delas se localiza no Município do Recife, capital do Estado. No mais, dessas seis estações de monitoramento existentes, somente cinco estão atualmente ativas. Quatro delas instaladas no Município de Ipojuca (estações de Ipojuca, Ed. Cupe, SUAPE, IFPE), e uma no Município de Cabo de Santo Agostinho (Estação CPRH) (CPRH 2023).

No Estado de Pernambuco, mais precisamente em sua capital, Recife, de acordo com o Departamento Estadual de Trânsito de Pernambuco - DETRAN-PE (2021), a frota veicular passou de 199.398 veículos em 1990 para 717.619 em 2021, resultando em 518.221 veículos a mais na cidade no período de 31 anos, um aumento de 259,89%. Assim, de acordo com Nascimento-Silva e Souza (2019), o aumento anual de veículos acarreta crescimento nas concentrações de poluentes, contribuindo para a injeção de gases tóxicos na cidade e acarretando no comprometimento da qualidade do ar da região.

Diante disso, surge a problemática da busca por determinar os níveis de poluição, principalmente quando há ausência de estação de monitoramento de qualidade do ar. Nesse aspecto, uma das alternativas que podem ser usadas para investigar se a concentração de poluentes está dentro dos limites permitidos por lei é a modelagem da dispersão atmosférica, ferramenta amplamente utilizada na gestão de efluentes gasosos e de qualidade do ar. O seu uso tem sido muito útil para avaliar a forma como as emissões afetam a qualidade do ar, a fim de determinar se mais medidas de controle devem ser implementadas, notabilizando-se como uma ferramenta importante para as entidades reguladoras e constituindo-se como uma das melhores técnicas de avaliação da qualidade do ar (Silva 2013).

A modelagem é um mecanismo amplamente utilizado na elaboração de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) e nos Relatórios de Impacto de Ambiental (RIMA), conforme prevê a legislação ambiental brasileira (Derisio 2016).

O modelo HYSPLIT (*Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory*) é um sistema de modelagem de cálculo em tempo real e análise de fontes de transporte em relação a uma variedade de poluentes físicos atmosféricos. É um modelo capaz de calcular trajetórias simples, bem como simulações complexas de transporte, dispersão, transformação química e deposição de poluentes atmosféricos, podendo tratar simultaneamente processos múltiplos de transportes atmosféricos e

físicos, campos de entrada meteorológicos variados e fontes de emissão com diferentes categorias (Ma *et al.* 2021).

Algumas das aplicações do HYSPLIT incluem análise de trajetória para determinar a origem das massas de ar e estabelecer relações fonte-receptor. Ele lida também com rastreamento e previsão da liberação de material radioativo, fumaça de incêndio florestal, poeira soprada pelo vento, poluentes de várias fontes de emissão estacionárias e móveis, alérgenos e cinzas vulcânicas (Cheol *et al.* 2020).

Iriart e Fisch (2016), por exemplo, usaram o HYSPLIT para simular a dispersão do monóxido de carbono (CO) de um Veículo Lançador de Satélite (VLS) emitido do Centro de Lançamento de Alcântara (CLA) no Estado do Maranhão. Os resultados mostraram que as concentrações eram mais intensas próximas das localidades da fonte simulada e, assim, concluíram que o funcionamento desse veículo deveria ocorrer em períodos com maiores intensidades de ventos, para uma maior eficácia da dispersão dos poluentes. Outra observação dessa pesquisa diz respeito ao fato de que, nos períodos noturno e chuvoso, a dispersão demorava mais em comparação ao período diurno e seco.

Chulde Llive (2019) também fez uso do HYSPLIT para simular a dispersão do monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênios (NO_x) e material particulado (MP) na cidade de San Gabriel, Província de Carchi, Equador. A fonte das emissões foram veículos automotores investigados em zonas como norte, centro e sul da cidade. Por meio das simulações foi possível observar a diminuição da concentração dos poluentes com o distanciamento da fonte de emissão. Outra parte dessa pesquisa inquiriu pessoas que sofrem com possíveis doenças ocasionadas pela poluição, correlacionando os resultados encontrados à população atingida pelas plumas dos poluentes. Assim, nesses grupos pesquisados, dentro dos limites da área total investigada, 18% das pessoas são acometidas por faringite, 33% por pneumonia, 41% por amigdalite e 8% não sofrem de nenhuma doença.

Desse modo, devido à diversidade de utilização e constante atualização, o HYSPLIT foi o modelo de dispersão de transporte atmosférico empregado nesta pesquisa, que teve como objetivo analisar, por meio de simulações, a dispersão das emissões veiculares de CO (monóxido de carbono) e a trajetória (*forward trajectories*) do vento em um ponto de alto tráfego veicular na Avenida Agamenon Magalhães, região urbana na cidade do Recife. Para isso, além do uso do modelo HYSPLIT, foram utilizados dados meteorológicos do INMET (2021), do inventário de emissões veiculares e dos padrões estabelecido pelo CONAMA nº 491 (2018).

Material e métodos

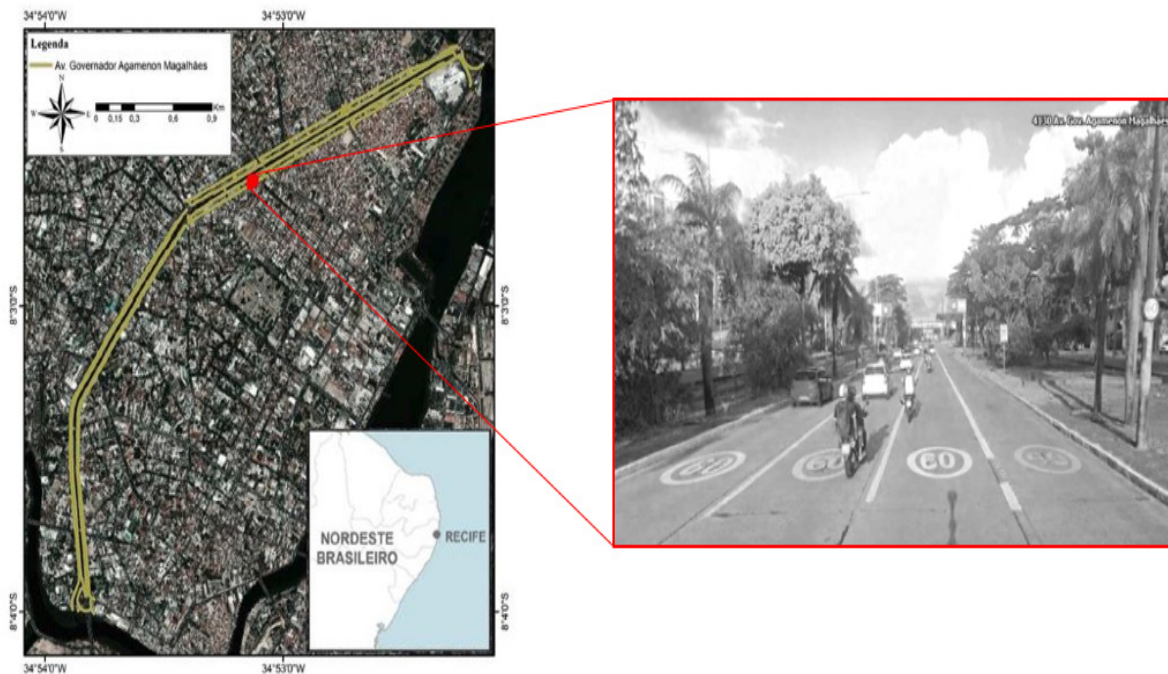
Área de estudo

Recife está localizada na latitude 8°03'19" sul e na longitude 34°52'15" oeste. Possui altitude média de 7 metros em relação ao nível do mar (Nascimento *et al.* 2013). De acordo com dados obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2021), da estação automática (código - A301), a média anual de 2021 para a precipitação, a velocidade do vento e a temperatura foram, respectivamente, de 221,58 mm, 1,37 m/s e 25,67 °C.

O local adotado na simulação das emissões do monóxido de carbono (CO) fica no trecho de alto fluxo veicular na Avenida Agamenon Magalhães, latitude 8°02'35,47" sul e longitude 34°53'9,13" oeste (Figura 1). Essa avenida urbana é uma das mais importantes da cidade, já que serve de eixo de ligação entre os bairros do Recife e a cidade de Olinda, facilitando o acesso para o aeroporto da cidade (Cabral *et al.* 2021). Além disso, os dados quantitativos de veículos circulantes monitorados pelos radares

eletrônicos na Avenida Agamenon Magalhães mostram ser esse o trecho com maior fluxo veicular da via, pois ali transitaram 12.859.103 veículos no ano de 2021 (DETRAN 2021).

Figura 1. Localização do trecho de estudo.



Fonte: Adaptada de NE 10 (2018) apud Cabral *et al.* (2021); Google Earth (2023).

Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) de 2021 e utilizados para dois momentos. O primeiro, com vistas a observar os meses de 2021 (Tabela 1), mais favoráveis à concentração da poluição, e o segundo, para análise das condições do tempo durante as simulações e também como comparativo das simulações da dispersão no HYSPLIT.

Tabela 1. Precipitação, velocidade média do vento e temperatura média (mensais em 2021).

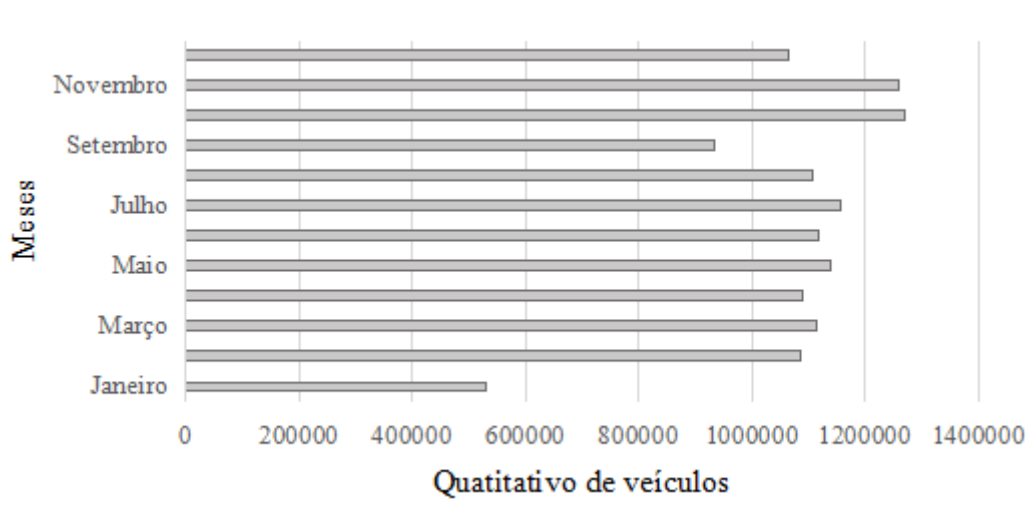
Mês (do ano 2021)	Precipitação total (mm)	Velocidade média (vento)(m/s)	Temperatura média (°C)
Janeiro	54,80	1,72	27,16
Fevereiro	119,80	1,58	27,32
Março	222,20	1,31	26,69
Abril	420,00	1,08	26,03
Mai	535,40	1,08	25,11
Junho	193,80	1,08	24,22
Julho	264,60	1,19	24,13
Agosto	309,00	1,52	24,02

Setembro	50,00	1,56	25,48
Outubro	46,20	1,55	26,55
Novembro	Null ¹	Null ¹	Null ¹
Dezembro	Null ¹	Null ¹	Null ¹
Média anual ²	221,58	1,37	25,67

Fonte: Adaptado de INMET (2021). ¹Sem dados disponíveis. ²A média anual foi calculada excluídos os meses que não tiveram dados.

No primeiro momento, a escolha do mês de outubro para as simulações realizadas ocorreu em razão deste possuir maior fluxo de veículos (Figura 2) e ter situação meteorológica que contribui para o aumento das concentrações, ou seja, menor precipitação total mensal e temperatura média acima da média anual (Tabela 1), o período mais seco.

Figura 2. Total de veículos circulante na Av. Agamenon Magalhães no sentido Olinda - 2021.



Já no segundo momento, para efeito de comparativo com o modelo HYSPLIT, elaborou-se a rosa dos ventos com auxílios da base meteorológica do INMET e do software WRPLOT. Os dados meteorológicos, do mês de outubro 2021, necessários para a construção da rosa dos ventos tiveram a velocidade ($m.s^{-1}$) e a direção do vento ($^{\circ}$) como parâmetros. Esses dados foram fornecidos pela estação meteorológica automática de Recife (A301), que se encontra a uma latitude de $-8^{\circ} 03' 32,93''$ Sul, longitude $-34^{\circ} 57' 32,97''$ Oeste, altitude de 11,3 metros e a cerca de 8,3 km de distância em linha reta do ponto investigado. Para este estudo, foram utilizados cálculos de medição horária para cada parâmetro meteorológicos INMET (2021).

No mais, os dados referentes a velocidade ($m.s^{-1}$) e a direção do vento ($^{\circ}$) foram aplicados no programa WRPLOT, o qual resultou na rosa dos ventos e no histograma das velocidades do vento.

Estimativas das emissões veiculares

Para a estimativa das emissões veiculares, usou-se o trabalho do inventário de emissões veiculares realizado por Costa *et al.* (2023). Nesse trabalho, estimou-se o quantitativo de alguns poluentes emitidos

por veículos que circularam no ponto de alto tráfego veicular na Avenida Agamenon Magalhães, Recife -PE. A metodologia empregada foi a do tipo *bottom-up*, a qual se utilizou da quantidade da frota veicular (distribuída por categorias), distância percorrida e fatores de emissões dos veículos.

A estimativa da quantidade de poluentes emitidos, conforme equação (1), foi obtida utilizando informações locais, requerendo dados específicos como frotas registradas de veículos no Departamento Estadual de Trânsito de Pernambuco (DETRAN 2021) e dados de radares eletrônicos (Recife 2021), com vistas à obtenção da quantidade de carros circulantes, distância percorrida no local do estudo (Google 2023) e fatores de emissões (Cancelli; Dias 2014). Dessa forma, de posse dos dados, foi possível aplicá-los matematicamente e gerar os resultados da quantidade de poluentes emitidos, conforme a equação (1) abaixo:

$$E_{linha,i} = Fr_{,j} \times (F_{,e} i/1000) \times L \quad (1)$$

Ademais, representa a emissão veicular do trecho de interesse para o poluente fator de emissão do poluente ($g \cdot km^{-1}$); número total de veículos da classe que circulam na via de interesse durante um período de tempo; comprimento total da via (km) e corresponde ao fator de conversão de g para kg.

Modelo HYSPLIT

O modelo HYSPLIT (*Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory*) foi utilizado para simular as dispersões de emissões veiculares e as trajetórias dos ventos. Esse modelo é um dos mais utilizados e citados em ciências atmosféricas (Stein et al. 2015). Conforme Zhou et al. (2017), o modelo funciona como cálculo em tempo real, fazendo uma análise razoável de fontes de transporte relativas a uma variedade de poluentes físicos na atmosfera que, no caso da pesquisa, centrou-se no monóxido de carbono (CO). O HYSPLIT (*Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory*) foi desenvolvido pela NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) em conjunto com a *Australia Weather Bureau* (Draxler e Hess 1998; Duarte 2016 e Ma et al. 2021).

Para a simulação da dispersão do poluente (CO), usou-se a versão *online*, acessada em <https://www.ready.noaa.gov/hypub-bin/dispsrvc.pl>. Já para as trajetórias, utilizou-se a versão disponibilizada para *download*, que melhor se aplicou para demonstrar o resultado das simulações com os agrupamentos proporcional das trajetórias dos ventos. Contudo, a versão *online*, segundo Stein et al. (2015), só difere da disponibilizada para *download* em relação as interfaces disponíveis. Os executáveis são os mesmos.

Dispersão de emissões veiculares

Para as simulações de dispersão do monóxido de carbono (CO) no ponto da via da Agamenon Magalhães com intenso fluxo veicular, nos dados de entrada, para o tipo de lançamento, utilizou-se a opção (massa genérica menor de 24h), já que as simulações da dispersão foram desenvolvidas de forma diária. Nesse sentido, a quantidade de emissões inventariada (em massa) foi acrescentada diariamente ao modelo. Já para a meteorologia, usou-se os dados globais (GFS) com resolução de 0,25 grau para o mês de outubro de 2021.

No que confere aos locais de partida das emissões, usou-se as coordenadas do local de alto fluxo veicular da Av. Agamenon Magalhães, certificadas por radar de aferição de velocidades de veículos circulantes (latitude 8°02'35,47" sul e longitude 34°53'9,13" oeste).

Para o detalhamento das execuções do HYSPLIT, os parâmetros, utilizados de forma igual em todas as simulações a serem inseridos no programa (termo de origem), são: direção da dispersão (para frente) e intervalo de emissão dos poluentes (na parte inferior, adotou-se a medida de 7m (Nascimento *et al.*, 2013) que correspondente a altitude média de Recife em relação ao nível do mar). Na parte superior de lançamento, somou-se essa altitude média com 2,3m, que é a altura média dos carros (Brandão 2021), totalizando 9,3m. A duração de lançamento foi de 24h, ou seja, observou-se diariamente as emissões.

Ainda no que se refere à execução, a duração total foi de 24h (simulada diariamente), subdividida em 3 períodos de 8 horas de intervalo de saída para cada um dos 31 dias de outubro (de 0:00 h até 8:00h, de 8h até 16h e de 16h até 0h). A partir desse intervalo, foi possível comparar os resultados com padrões para a média de 8h do CONAMA nº 491/2018. Nesse sentido, a Resolução nº 491 (2018) estabelece o padrão final para o CO que, numa análise média de 8h, não pode exceder concentração de 9 ppm (partes por milhão) por mais de uma vez no período máximo de um ano, sendo esta equivalente a 10,31 mg/m³.

Além disso, para o topo da camada média, utilizou-se o padrão sugerido pelo HYSPLIT (100 metros). Ademais, as horas no modelo HYSPLIT seguem o sistema UTC (*Coordinated Universal Time*) que, no caso das simulações em Recife, para a conversão do horário local, precisou-se diminuir 3h do horário no modelo.

No que confere aos parâmetros utilizados para cada uma modelagem, ou seja, variáveis dos dados a serem inseridos no HYSPLIT, foram utilizados os arquivos meteorológicos (de 01 a 31 de outubro de 2021) e a quantidade de liberação (dados das estimativas de emissões veiculares de CO em quilograma).

Trajetórias do vento

As simulações realizadas para verificação da trajetória dos ventos foram feitas com simulações de trajetórias para frente (*forward trajectories*). O local das simulações foi o das coordenadas: latitude -8,043186 sul, longitude -34,885869 oeste e altitude de 9,3 metros.

Ademais, foram utilizados os dados meteorológicos globais (GDAS) do mês de outubro de 2021, com resolução de 1 grau. Esses arquivos meteorológicos dispõem de dados em formato semanal, que vão do ano de 2005 até os dias mais recentes. Além disso, para o modelo das trajetórias, utilizou-se o tempo de execução de 4h a partir da hora simulada. O agrupamento dos dados de trajetória a cada 4 horas foi obtido para identificação das principais áreas afetadas pela dispersão a partir do ponto analisado.

Com o intuito de facilitar a análise das trajetórias do fluxo aéreo, fez-se uma análise de todas as faixas que afetam o local, agrupando-as e dividindo-as em 5 trajetórias únicas (*cluster*). Assim, essas cinco trajetórias (*cluster*) funcionam como vetores resultantes das direções dos ventos.

De acordo com Tian *et al.* (2020), nas simulações, as trajetórias com maior similaridade espacial são fundidas conforme a direção de transmissão e a velocidade de cada fluxo de ar. Assim, a escolha dos parâmetros de agrupamentos para as simulações foi feita a fim de facilitar a análise da trajetória dos ventos, de modo a não causar a saturação visual pela sobreposição de trajetórias.

Resultados e Discussão

Inventário do monóxido de carbono (CO)

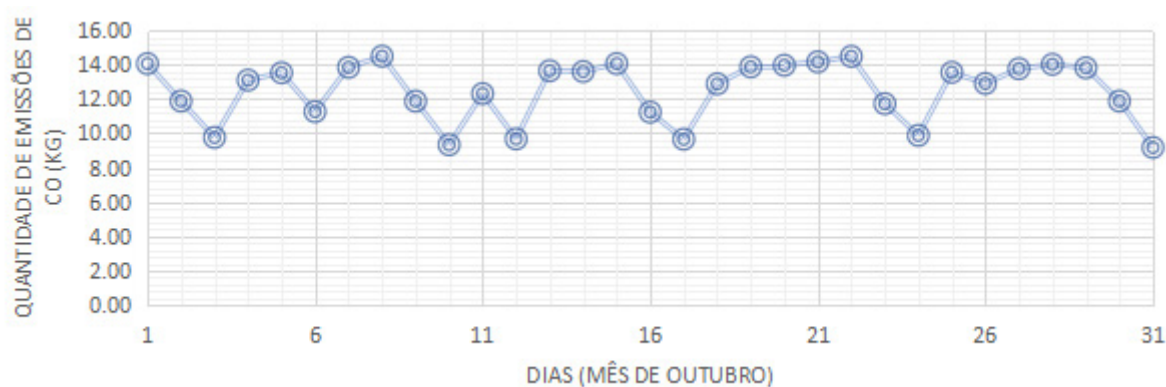
Os dados do inventário de Costa *et al.* (2023) (submetido à publicação) mostraram que a quantidade de emissões no ano de 2021, no trecho analisado, foi de cerca de 3.922,03 kg de CO, 831,98 kg de NO_x, 14,66kg de RCHO, 2.913,87 kg de NMHC, 279,04 kg de CH₄, 87,06kg de MP e de 603.743,89 kg de CO₂. Contudo, outubro foi o mês com maiores emissões veiculares no trecho de maior fluxo veicular da Av. Agamenon Magalhães (via urbana), com valores próximos a 387,43 kg de CO, 82,12 kg de NO_x, 1,45 kg de RCHO, 287,84 kg de NMHC, 27,56 kg de CH₄, 8,60 kg de MP e 59.638,52 kg de CO₂.

Dentre esses poluentes, o monóxido de carbono (CO), objeto da investigação, é um dos importantes precursores do *smog* fotoquímico, quando em condições meteorológicas favoráveis como maiores radiações solares e temperatura. No mais, ele é um dos poluentes principais em ambiente urbano, gerado por combustão incompleta de veículos automotores (Ma *et al.* 2021).

Os resultados do inventário de emissões veiculares pelos veículos automotores para o ano de 2021 mostraram ainda que o monóxido de carbono foi um dos poluentes mais emitidos. Esse resultado converge com os dados divulgados pela CETESB (2021), os quais afirmam que os veículos na Região Metropolitana de São Paulo foram responsáveis por 95% das emissões de monóxido de carbono (CO).

Nesse sentido, os dados quantitativos das emissões de monóxido de carbono (CO) nas modelagens das dispersões foram os diários do mês de outubro de 2021, conforme Figura 3.

Figura 3. Quantidades de emissões veiculares inventariada de monóxido de carbono (CO) no trecho de alto fluxo veicular em outubro de 2021.

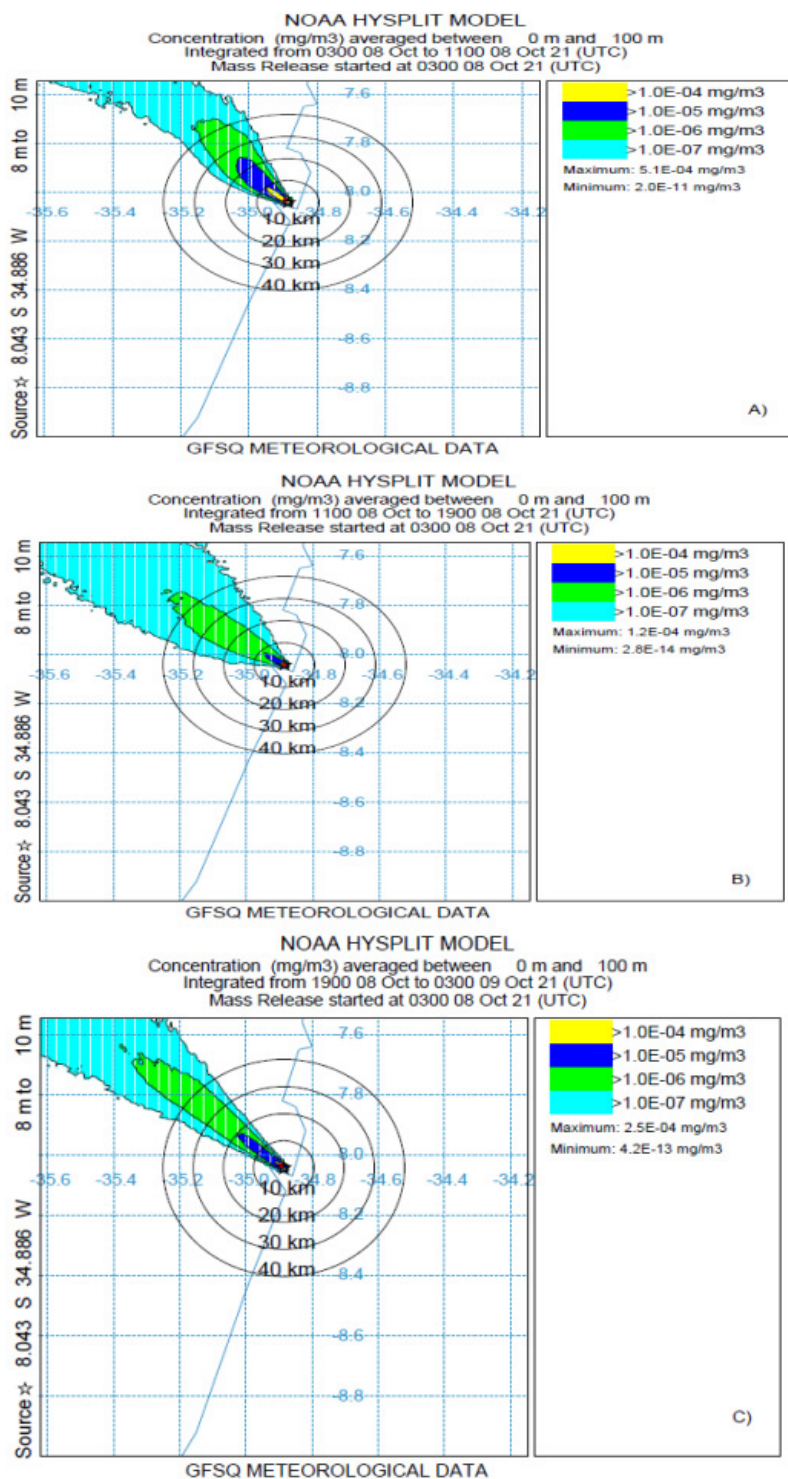


Modelagem da dispersão do monóxido de carbono

As simulações realizadas para verificação das dispersões do monóxido de carbono que são emitidas do ponto de alto tráfego veicular na Av. Agamenon Magalhães em outubro de 2021 foram realizadas diariamente. A partir das informações geradas, foi possível depreender que, em relação as plumas, as áreas com maiores concentrações podem ser visualizadas na região a noroeste do ponto selecionado como fonte de emissão (figura 4). As concentrações máximas obtidas, conforme a legenda das figuras apresentadas, podem ser visualizadas sempre como plumas amarelas. O pico ocorreu no dia 08 (Figura 4a), em que a máxima concentração para essa pluma foi de $5,1 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3$, observado no período de referência de 0h às 8h.

Já as plumas azuis mostram uma dispersão maior da poluição em comparação às amarelas. Com isso, os valores da poluição tendem a diminuir de concentração. Nesse sentido, no dia 08, nas 24h, as concentrações mostraram valores próximos a $1,0 \times 10^{-5} \text{ mg/m}^3$. Conseqüentemente, as demais plumas (verde e azul-claro) sofreram o mesmo processo de dispersão e diminuição das concentrações. Nesse aspecto, a menor concentração foi observada nas plumas azul-claro, ocorrida no período das 8h às 16h.

Figura 4. Simulação da dispersão/concentração num período de 24h do dia (08-10-2021), pelo modelo HYSPLIT do metano (CO) em mg/m^3 dividido em três períodos de 8h. a) período de 3 à 11 UTC (0h - 8h); b) período de 11 à 19 UTC (8h -16h); c) período de 19 à 3 UTC (16h -0h).

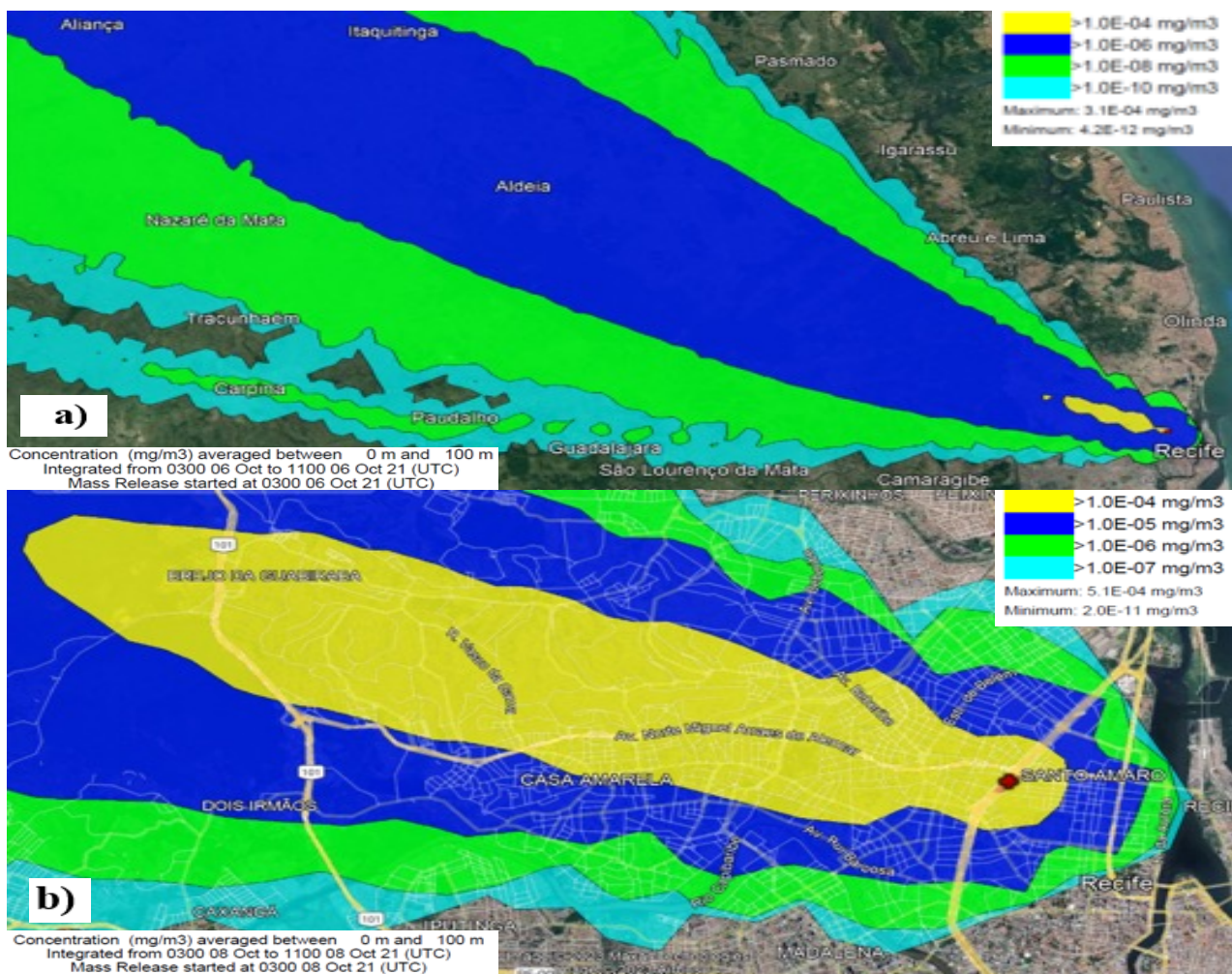


Ainda no que confere ao caso das plumas, é importante salientar que as amarelas, indicativas de maiores concentrações de poluentes, tiveram seus maiores alcances sempre abaixo ou igual ao raio de 10 km de distância da emissão nos períodos de 0h às 8h. Elas chegaram a atingir bairros, como Brejo da Guabiraba, Macaxeira, entre outros bairros mais próximos da fonte de emissão (Figura 5).

No que se refere ao alcance das plumas azuis, que indicam concentrações intermediárias entre a amarela e a verde, a maior parte ficou abaixo de 30km independentemente do horário. No entanto, nos dias 6 e 17, elas atingiram mais de 40km, tanto no período de 0h às 8h quanto de 8h às 16h. O alcance maior dessas plumas chega a ultrapassar cidades da Região Metropolitana, como Camaragibe e São Lourenço da Mata. Elas perpassam pelos interiores da Zona da Mata pernambucana, como no caso dos municípios de Itaquitanga e Aliança (Figura 5).

No caso das plumas verdes, que apresentam as menores concentrações de poluentes, quase a totalidade do seu alcance ficou acima de 40km, acompanhando as mesmas dispersões das plumas azuis, porém com distâncias ainda maiores.

Figura 5. Simulação do monóxido de carbono (CO) e observação do alcance das plumas (outubro de 2021). a) maior alcance da pluma azul - dia 06. b) maior alcance da pluma amarela - dia 08.

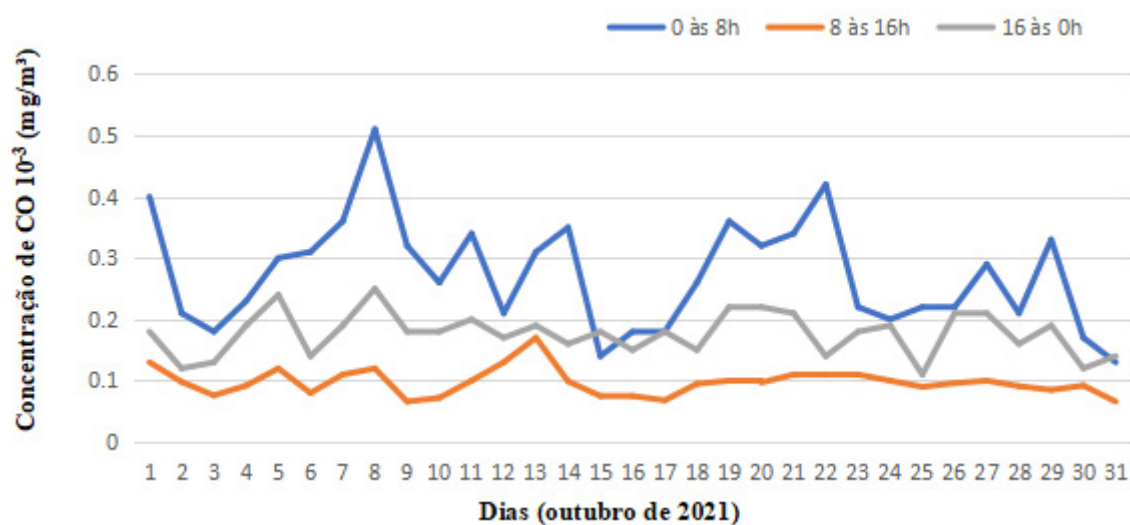


Ademais, no que confere às máximas concentrações do monóxido de carbono (CO) da modelagem da dispersão obtidas no mês de outubro, para fins de comparação da qualidade do ar, utilizou-se os padrões estabelecidos pelo CONAMA nº 491 (2018).

Nesse sentido, o CONAMA nº 491 (2018) estabelece como padrão final para o CO 9 ppm (equivalente a 10,31 mg/m³). Sobre o padrão final do CO, a CETESB (2021) acrescenta que ele é definido por estudo científico, visando à preservação da saúde da sociedade em associação aos possíveis transtornos causados pela poluição do ar.

Nesse viés, a Figura 6 apresenta as concentrações máximas das simuladas do poluente CO em mg/m³ nos dias do mês de outubro (ano 2021), agrupadas em três períodos do dia (de 8 horas cada). Portanto, os maiores picos de concentrações aconteceram nos dias 01, 08 e 22 de 0 às 8h. No caso do horário das 8 às 16h, ocorreu um pico divergente dos demais somente no dia 13. Já no horário das 16 às 0h, as concentrações maiores ocorreram nos dias 5 e 8 (Figura 6). Contudo, em nenhum momento simulado, o CO apresentou concentrações acima do máximo permitido. Todas elas ficaram abaixo dos padrões 10,31 mg/m³, ou seja, quando analisados isoladamente, os padrões de CO e a qualidade do ar podem ser classificados como bons.

Figura 6. Concentrações máximas de monóxido de carbono (CO) observada nas simulações de dispersão do HYSPLIT para o mês de outubro (dividido em três períodos do dia).



Esses resultados podem ser explicados, em parte, pelo uso de melhores tecnologias automotivas e pela velocidade de tráfego na via. Desde 1975, o Governo tem incentivado a adoção de tecnologias mais limpas, como a implantação do Programa Nacional do Etanol, chamado de “Proálcool”, que fez diminuir o composto monóxido de carbono (CO) pelos veículos. Esse programa buscou estimular o uso do etanol como combustível, obrigando a sua mistura à gasolina. Assim, criou-se o “gasohol” e, a partir dessas medidas, foi possível observar mudanças consideráveis ao longo do tempo (Andrade *et al.* 2017). A CETESB (2021) também faz observação parecida em relação ao avanço da tecnologia e a incorporação de controle de emissões para a diminuição das concentrações desse poluente.

Outra explicação para esse resultado pode derivar-se da redução da velocidade das vias, decorrentes do uso de lombadas eletrônicas. A diminuição das rotações veiculares acontece, geralmente, quando se tem redução das velocidades por meio desses radares de sinalização eletrônica. O estudo de

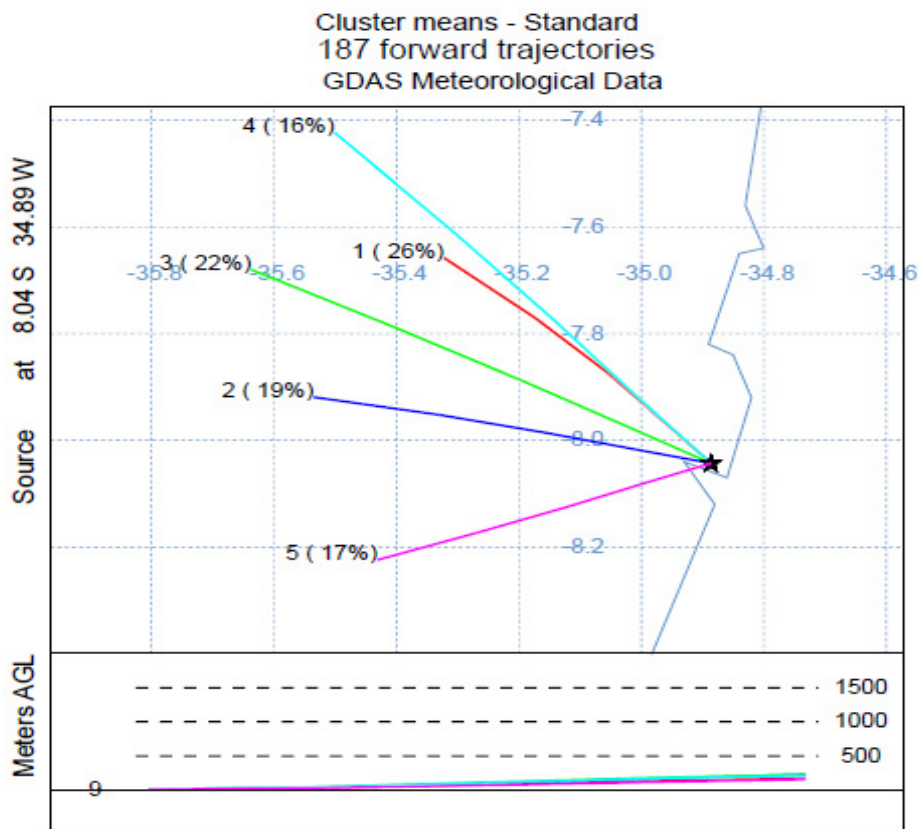
Nascimento-Silva e Souza (2019), por exemplo, mostra que o monóxido de carbono apresenta menores emissões para baixas rotações. Eles afirmam que menores velocidades acarretam menores emissões.

Modelagem da trajetória dos ventos

O agrupamento das trajetórias simuladas a partir das emissões na Av. Agamenon Magalhães (via urbana) para o mês de outubro (2021) pode ser visualizado na Figura 7, indicando as cinco trajetórias médias (5 grupos) preferenciais a partir do ponto de emissão. Essa figura apresenta também a porcentagem correspondente de trajetórias de cada grupo.

Esse agrupamento foi compilado por meio de 187 dados de trajetórias simuladas, tendo como trajetórias resultantes 5 *cluster*. Assim, para Tian et al. (2020), um fluxo de ar agrupado com uma porcentagem maior da trajetória total tem uma grande influência na qualidade do ar.

Figura 7. Simulação das trajetórias dos ventos e agrupamento em 5 *cluster forward trajectories* (trajetórias para frente).

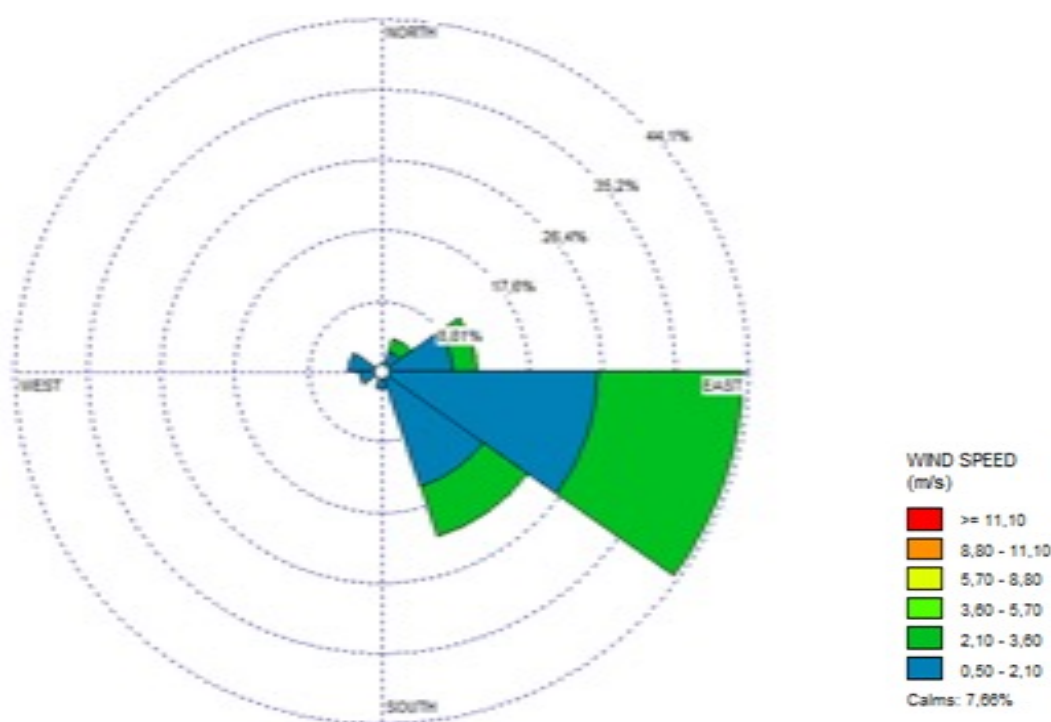


A Figura 7 mostra ainda que as trajetórias médias das massas de ar indicam diferentes zonas urbanas atingidas pela simulação da liberação dos poluentes a partir do ponto referente da via escolhido. A correspondente proporção da trajetória de transporte foi de 26%, 19%, 22%, 16% e 17%, respectivamente. As trajetórias médias dos grupos 1, 2, 3 e 4 indicam direção predominante do vento de Sudeste e juntos somaram em proporção 83% das trajetórias. Contudo, somente 17% das trajetórias dos ventos são de Nordeste. Isso mostra que as possíveis áreas mais afetadas pelas emissões de poluição, no trecho de alto fluxo veicular, encontram-se a Noroeste do ponto investigado.

Ademais, a fim de comprovar a modelagem do HYSPLIT em relação as trajetórias simuladas, fez-se a comparação com dados provenientes da estação do INMET, apresentadas na figura 8. Dessa forma, os dados utilizados foram relativos a 744 horas totais dos 31 dias de outubro. Desses dados, foram aproveitadas 741 horas totais, ou seja, 99,6%. 3 horas não foram aproveitadas devido à ausência de dados. Com isso, os resultados mostraram que a velocidade média do vento foi de 1,53m/s, com 57 registros de calmaria (7,66%).

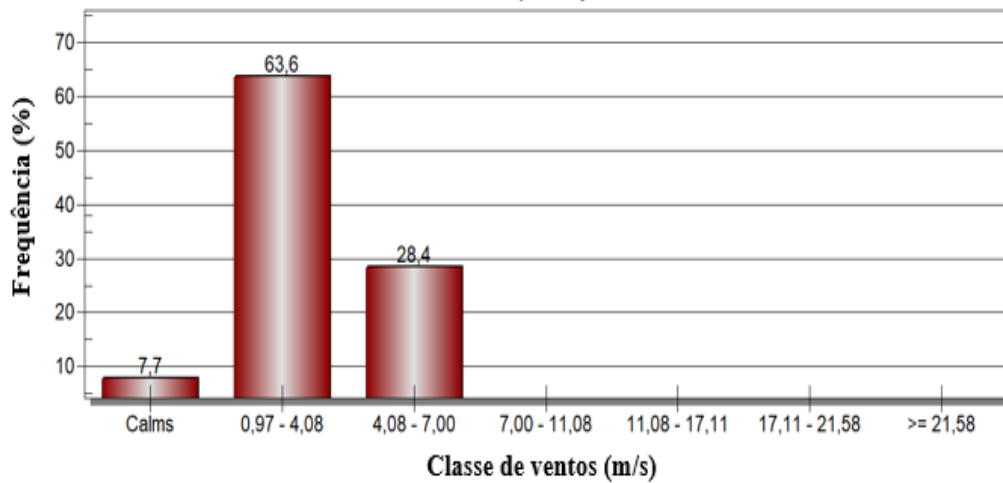
Assim, a análise do regime de vento mostrou direção predominante do vento de Sudeste, seguido pelo vento de Nordeste como direção secundária (Figura 8). O resultado da direção dos ventos foi similar aos observados no HYSPLIT (Figura 7).

Figura 8. Direção e velocidade do vento (outubro de 2021).



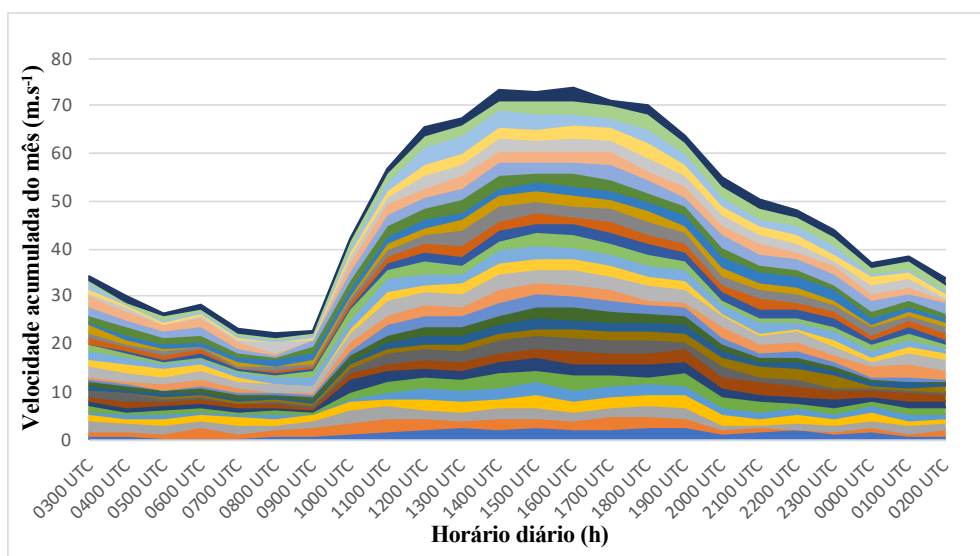
Pode-se observar que as maiores velocidades do vento ficaram entre 2,10 m/s a 3,6 m/s, valores esses que, de acordo com a escala de Beaufort, são classificados entre brisa leve (0,3m/s a 1,5m/s) e brisa suave (1,6m/s a 3,3m/s). Contudo, as maiores frequências de velocidade aconteceram com as classes de vento nas velocidades de 0,5m/s a 2,1 m/s (Figura 9).

Segundo Ceratti *et al.* (2018) as brisas leves podem dificultar as dispersões dos poluentes, possibilitando o acúmulo de poluente na atmosfera. Além disso, advertem sobre a possível contribuição para a formação do ozônio em conjunto com nitrogênio e monóxido de carbono das emissões veiculares.

Figura 9. Distribuição das frequências das classes dos ventos (outubro de 2021).

Além disso, a partir dos dados do INMET (2021), pode-se observar, conforme a Figura 10, a frequência diária das velocidades dos ventos em Recife no mês de outubro de 2021 de forma acumulada, resultando no período com menor velocidade do vento de 7 UTC a 9 UTC (ou seja, de 4h às 6h). Ademais, levando em consideração que a dispersão do poluente no HYSPLIT foi dividida em três partes, de 8 em 8 horas e, ao investigar os períodos simulados e a velocidade do INMET, percebeu-se que o período com velocidades mínimas do vento ocorreu de 0 às 8h (intervalo UTC de 3 a 11). Já as velocidades máximas do vento ocorreram no intervalo de 8h às 16h (11UTC a 19 UTC).

Isso mostra que a velocidade do vento se torna maior durante o dia e menor no período noturno (Costa 2022). Em paralelo, observou-se que as concentrações maiores de monóxido de carbono (CO) ocorreram no período de 0h às 8h e as menores no período de 8h às 16h (Figura 6). Assim, as velocidades dos ventos foram em quase sua totalidade mais baixas nos períodos da madrugada e início da manhã, possibilitando a baixa dispersão de poluentes atmosféricos e concentrações mais acentuadas dos poluentes.

Figura 10. Frequência acumulada da velocidade vento distribuída por hora (outubro - 2021).

Fonte: Adaptado dos dados do INMET (2021).

Considerações finais

Os resultados do inventário de emissões veiculares na Av. Agamenon Magalhães (via urbana), para o ano de 2021, demonstraram que o monóxido de carbono foi um dos poluentes mais emitidos no trecho de alto fluxo veicular no mês de outubro.

Nesse sentido, ao analisar a dispersão nesse trecho, verificou-se que a concentração máxima da simulação aconteceu no dia 08 e teve $5,1 \times 10^{-4} \text{ mg/m}^3$, no período de 0h às 8h. Ademais, as simulações foram divididas em três períodos de 8 horas, esses períodos foram de 0h - 8h, 8h - 16h e 16h - 0h. Com isso, observou-se que os horários de maiores concentrações e consequente poluição aconteceram predominantemente nos períodos da madrugada (0h-8h), seguido pelo período da noite (16h-0h) e, por último, da manhã (0h-8h).

Além disso, o poluente CO atingiu maiores concentrações até a distância máxima de 10 km a partir da fonte de emissão. Assim, tiveram como receptores da poluição diversos bairros de Recife e, preponderantemente, aqueles que se localizam na direção noroeste, como Espinheiro, Jaqueira, Encruzilhada, Rosarinho, Tamarineira, Alto José Bonifácio, Vasco da Gama, Macaxeira, Córrego do Jenipapo, Nova descoberta e Brejo da Guabiraba. No caso das plumas de concentração intermediária, em dois casos elas ultrapassaram mais de 40 km de raio, chegando a atingir alguns interiores da Mata Norte do Estado de Pernambuco, como Itaquitanga, Nazaré da Mata, Aliança e Vicência.

Contudo, caracterizou-se como limpa a qualidade do ar nessas regiões, já que os limites ficaram abaixo daqueles impostos pelo padrão estabelecido pelo CONAMA Nº 491 (2018). Há de se observar ainda que o produto das modelagens correspondeu apenas às emissões veiculares do trecho de alto fluxo veicular. Nesse sentido, para futuros trabalhos, aconselha-se a quantificação de outras fontes possíveis de poluição do ar, como as fixas (industriais) e as móveis (de navios, avião, entre outras), assim como, a inclusão de outros tipos de poluentes como NO_2 , MP, O_3 , entre outros.

O uso do modelo computacional de simulação de trajetórias de dispersão permitiu verificar as direções preferenciais de dispersão dos poluentes emitidos no ponto selecionado da via urbana. Nesse viés, no trecho simulado, 83% das trajetórias estão relacionadas com ventos saindo de Sudeste e apenas 17% de sentido Nordeste. Ademais, pôde-se comprovar os resultados do modelo HYSPLIT com outros resultados obtidos através de dados medidos em estação meteorológica próxima ao local da simulação. Foi possível também demonstrar que, no período investigado, só ocorreram brisas leves a suaves. Nesse sentido, esses resultados possibilitam, também, a reflexão acerca da localização mais adequada para uma possível estação de monitoramento da qualidade do ar em Recife.

Além disso, com essa investigação foi possível compreender a íntima relação entre a poluição atmosférica e a qualidade do ar, assim como é factível vislumbrar os meios para minimizar ou estabilizar o problema da poluição atmosférica. Por isso, sugere-se a adoção de medidas mais sustentáveis, como o programa “Proálcool”, para o uso dos veículos automotores; a limitação do uso de veículos com tecnologias mais antigas; os incentivos monetários (fiscais ou não fiscais) na ampliação do consumo de carros elétricos; o melhoramento do combustível usado nos veículos e a ampliação das regiões que monitoram a qualidade do ar.

Agradecimento

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE), pelo apoio financeiro. Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela disponibilidade dos dados. À Administração

Oceânica e Atmosférica Nacional (NOOA) pelo modelo HYSPLIT, essencial para a realização deste estudo. À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – PPAMB/PE pelo suporte à pesquisa.

Participação dos autores: FLNC - conceitualização, curadoria de dados, análise de dados, recebimento de financiamento, pesquisa, metodologia, administração do projeto, validação de dados e experimentos, design da apresentação de dados, escrita – rascunho original e escrita – revisão e edição; MNC - conceitualização, curadoria de dados, administração do projeto, supervisão, escrita – revisão e edição; GLM - conceitualização, curadoria de dados, administração do projeto, supervisão, escrita – revisão e edição; RCL - análise de dados, validação de dados e experimentos.

Aprovação ética ou licenças de pesquisa: Não se aplica.

Disponibilidade dos dados: Dados da quantidade de CO - monóxido de carbono e simulações de dispersão podem ser acessados em <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede/> (dissertação: modelagem e simulação da dispersão de poluentes atmosféricos aplicadas a uma via urbana, utilizando o modelo HYSPLIT). Dados meteorológicos: INMET - Rede de Estações Meteorológicas Automáticas Recife (Downloads dos dados 2021) acessados em <https://bdmep.inmet.gov.br/>.

Fomento: FACEPE (IBPG-1112-3.07/21); UFRPE e UFAL.

Conflito de Interesses: Não há conflito de interesse.

Referências

Andrade MF, Kumar P, De Freitas ED, Ynoue RY, Martins J, Martins LD, Nogueira T, Perez-Martinez P, Miranda RM, Albuquerque T, Gonçalves FLT, Oyama B, Zhang Y. 2017. Air quality in the megacity of São Paulo: Evolution over the last 30 years and future perspectives. *Atmospheric environment* 159: 66-82. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.03.051>

Brandão PVR. 2021. Estudo da dispersão atmosférica de poluentes originários da frota veicular em Salvador–BA. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) – UFBA, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

Cancelli DM, Dias NL. 2014. BRevê: uma metodologia objetiva de cálculo de emissões para a frota brasileira de veículos. *Engenharia Sanitaria e Ambiental* 19: 13-20. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019010000284>

Cabral JJSP, Gusmão AD, Da Silva Junior MAB, Barros EN. 2021. Mudanças climáticas e subsidência do terreno como dificuldades para a gestão urbana de uma avenida marginal de curso d'água em cidade costeira. *Revista de Geografia (Recife)* 38(2):436-460. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.51359/2238-6211.2021.249051>

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Ficha de Informação Toxicológica, monóxido de carbono. 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2022/02/Monoxido-de-Carbono.pdf> . Acesso em: 01 jun. 2023.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Relatório de Qualidade do Ar no estado de São Paulo. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo/Secretaria do Meio Ambiente/Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2022/10/Relatorio-de-Qualidade-do-Ar-no-Estado-de-Sao-Paulo-2021.pdf> Acesso em: 08 mai. 2023

Cheol HK, Chai T, Stein A, Kondragunta S. 2020. Modelagem inversa de emissões de incêndio restritas pelo transporte de pluma de fumaça usando modelo de dispersão HYSPLIT e observações geoestacionárias de satélite. *Atmospheric Chemistry and Physics* 20(17) : 10259–10277.

Chulde Llive DF. 2019. Evaluación de la contaminación del aire causada por las emisiones de gases producida por la circulación vehicular, en la ciudad de San Gabriel, provincia del Carchi. 157 f. Tese de Doutorado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar. Resolução n.491, de 19 de novembro de 2018. Diário Oficial da União, nº223, de 21/ 11/ 2018, Seção 01:155-156.

Costa PC de S. 2022. Tendências e ciclos médios da velocidade do vento e complementaridade energética em regiões próximas a empreendimentos eólicos no Nordeste do Brasil. 69f. Dissertação (Mestrado em Ciências Climáticas) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

Costa FLN, Carvalho MN, Mariano GL, Da Silva AJG, Lima RC. Avaliação das emissões veiculares em uma região metropolitana de alto fluxo veicular. ACTA Geográfica. No prelo 2023.

CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Qualidade do Ar - rede de monitoramento. Pernambuco. 2023. Disponível em: <http://www2.cprh.pe.gov.br/monitoramento-ambiental/qualidade-do-ar-2/rede-de-monitoramento/>. Acesso em: 20 mai. 2023.

Derisio, JC. Introdução ao controle de poluição ambiental. Oficina de textos, 2016.

DETRAN. Departamento Estadual de Trânsito de Pernambuco. Serviço de Informações ao Cidadão do Departamento Estadual de Trânsito de Pernambuco (SIC/DETRAN-PE), [Pernambuco]: DETRAN, [2021]. Disponível em: <https://www.detran.pe.gov.br/institucional-detran/portal-da-transparencia>. Acesso em: 10 fev. 2022.

Draxler RR, Hess GD. 1998. An overview of the Hysplit_4 modelling system for trajectories, dispersion, and deposition, Australian Meteorological Magazine 47: 295-308.

Duarte ESF. 2016. Análise e caracterização do material particulado atmosférico fino em uma região metropolitana de Natal-RN. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasil.

EPA. Environmental Protection Agency. 2020. Air Quality System (AQS). Disponível em: <https://www.epa.gov/aqs> . Acesso em: 4 maio 2020.

Google. Google Earth website. <http://earth.google.com/> , 2023. Acesso em: 02 fev. 2023.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - BDMEP. Rede de Estações Meteorológicas Automáticas. Downloads dos dados [2021]. Recife, PE, Brasil, 2021. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 29 mai. 2023.

Iriart PG, Fisch G. 2016. Uso do Modelo WRF-CHEM para a Simulação da Dispersão de Gases no Centro de Lançamento de Alcântara. Revista Brasileira de Meteorologia 31: 610-625. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786312314b20150105>

Ma Y, Wang M, Wang S, Wang Y, Feng L, Wu K. 2021. Air pollutant emission characteristics and HYSPLIT model analysis during heating period in Shenyang, China. Environmental Monitoring and Assessment 193: 1- 14. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08767-4>

Ceratti AM, Alves DD, Meincke L, Rabelo FL, Osório DMM. 2018. Relação do monitoramento atmosférico de NO₂, CO e O₃ obtidos pela estação de monitoramento automática da qualidade do ar da universidade FEEVALE/RS com variáveis meteorológicas. Revista Conhecimento Online (3): 57-78. DOI: <https://doi.org/10.25112/rco.v3i0.1607>

Nascimento-Silva AVDo, Souza WM. 2019. Evolução das emissões dos gases automotivos de veículos do ciclo Otto em Recife (Pernambuco). Revista Geama, [S. l.] 5(2): 20–29. Disponível em: <https://journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/2543> . Acesso em: 25 jun. 2023.

Nascimento RC, Silva JBS, Franca RS, Vasconcelos TL. 2013. Estudo microclimático da Praça do Derby e entorno, Recife-PE. In: Arminda Saconi Messias. (Org.). Gestão da Água: água, meio ambiente e saúde. 1(7):1179-1186.

Recife. Autarquia de Trânsito Urbano do Recife (CTTU). Velocidade das Vias – Quantitativo por Velocidade Média (2021). Recife, 2021. Disponível em: <http://dados.recife.pe.gov.br/dataset/velocidade-das-vias-quantitativo-por-velocidade-media-2021> . Acesso em: 10 jan. 2021.

Reichert J. 2017. Tabagismo passivo–implicações genéticas em gerações. Associação médica do Paraná (75): 103.

Silva C. 2013. Modelagem Lagrangeana Da Dispersão Atmosférica De Radionuclídeos E Sistemas De Informação Geográfica Como Ferramentas De Suporte Ao Planejamento De Emergência Na Área De Influência Do Complexo Nuclear De Angra Dos Reis – Rj. Tese Submetida Ao Corpo Docente Do Instituto Alberto Luiz Coimbra De Pós-Graduação E Pesquisa De Engenharia (Coppe) Da Universidade Federal Do Rio De Janeiro Como Parte Dos Requisitos Necessários Para A Obtenção Do Grau De Doutor Em Ciências Em Engenharia Civil.

Stein AF, Draxler RR, Rolph GD, Stunder BJB, Cohen MD, Ngan F. 2015. NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system. Bulletin of the American Meteorological Society 96 (12): 2059-2077. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1175/bams-d-14-00110.1>

Tian J, Fang C, Qiu J, Wang J. 2020. Analysis of pollution characteristics and influencing factors of main pollutants in the atmosphere of Shenyang city. Atmosphere 11(7) : 766. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos11070766>

Tsai I-C, Lee CY, Lung SCC, Su CW. 2021. Characterization of the vehicle emissions in the Greater Taipei Area through vision-based traffic analysis system and its impacts on urban air quality. Science of the Total Environment 782:146571. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146571>

Vormittag EDM, De Araújo PA, Cirqueira SSR, Wicher Neto H, Saldiva PHN. 2021. Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil. Estudos Avançados 35:7-30. DOI: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35102.002>

Zhou S, Liu N, Liu CS. 2017. Identification for potential sources for haze events in Shanghai from 2013 to 2015. Acta Scientiae Circumstantiae 37(05): 1835-1842.

WHO. World Health Organization. Ambient Air Pollutin: a Global Assessment of Exposure Burden. World Health Organization, 2016. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/250141/9789241511353-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y> .Acesso em: 16 dez. 2022.



Esta obra está licenciada com uma *Licença Creative Commons Atribuição Não-Comercial 4.0 Internacional*.

Impactos sobre a avifauna migratória na perspectiva de pescadores no extremo norte do Piauí

Airton Janes da Silva Siqueira^{1*} , Tatiane Freitas dos Santos¹ , Suely Silva Santos¹ , Muryllo dos Santos Nascimento¹ , Anderson Guzzi² 

1 Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA). Universidade Federal do Piauí. Av. Universitária, 1310 – Bairro Ininga, Teresina – PI. 64.049-550.

2 Centro de Ciências do Mar, Universidade Federal do Delta do Parnaíba. Av. São Sebastião, 2819 - Nossa Sra. de Fátima, Parnaíba - PI, 64202-020.

*Autor para correspondência: airtonjanes_@hotmail.com

Recebido em 12 de janeiro de 2024.

Aceito em 21 de fevereiro de 2024.

Publicado em 8 de março de 2024.

Resumo – A fidelidade das aves migratórias às áreas de invernada possibilita que as populações tradicionais adquiram um vasto conhecimento das espécies, e esse conhecimento pode e deve ser aproveitado no meio científico. Com isto, este estudo teve como objetivo registrar os saberes etnoornitológico dos pescadores artesanais da comunidade de Macapá, localizada ao norte do estado do Piauí (Nordeste do Brasil), incluindo a percepção sobre a ecologia e os possíveis impactos sobre as aves migratórias dos estuários dos rios Cardoso e Camurupim. Os dados foram coletados através de entrevistas feitas à 32 pescadores, seguindo a metodologia de “bola-de-neve”. Os entrevistados relataram a ocorrência de 13 espécies de aves migratórias, com presença entre os meses de dezembro a março. Cerca de 90% dos pescadores afirmam que a população de aves migratórias na região está declinando, sendo o aumento do fluxo de pessoas, a caça e a perda de habitats, apontados como as principais causas para esse declínio, o que está de acordo com resultados revelados pelas pesquisas científicas em diversas partes do mundo.

Palavras-chave: Aves. Conhecimento tradicional. Etnoornitologia. Impactos antrópicos.

Impacts on migratory avifauna from the perspective of fishermen in the far north of Piauí

Abstract - The loyalty of migratory birds to their wintering grounds enables traditional populations to acquire a vast knowledge of the species, and this knowledge can and should be put to good use in scientific circles. With this in mind, this study aimed to record the ethno-ornithological knowledge of artisanal fishermen from the community of Macapá, located in the north of the state of Piauí (Northeast Brazil), including their perception of the ecology and possible impacts on migratory birds in the estuaries of the Cardoso and Camurupim rivers. The data was collected through interviews

with 32 fishermen, using the “snowball” methodology. The interviewees reported the occurrence of 13 species of migratory birds, present from December to March. Around 90% of the fishermen say that the population of migratory birds in the region is declining, with the increase in the flow of people, hunting and habitat loss being identified as the main causes for this decline, which is in line with the results revealed by scientific research in various parts of the world.

Keywords: Birds. Traditional knowledge. Ethnoornithology. Anthropogenic impacts.

Impactos sobre la avifauna migratoria desde la perspectiva de los pescadores del extremo norte de Píauí

Resumen - La fidelidad de las aves migratorias a sus zonas de invernada permite a las poblaciones tradicionales adquirir un vasto conocimiento de las especies, que puede y debe ser utilizado en los medios científicos. Teniendo esto en cuenta, este estudio tuvo como objetivo registrar el conocimiento etno-ornitológico de los pescadores artesanales de la comunidad de Macapá, localizada en el norte del estado de Piauí (Nordeste de Brasil), incluyendo su percepción sobre la ecología y los posibles impactos sobre las aves migratorias en los estuarios de los ríos Cardoso y Camurupim. Los datos se recogieron mediante entrevistas a 32 pescadores, utilizando la metodología de “bola de nieve”. Los entrevistados informaron de la presencia de 13 especies de aves migratorias, presentes de diciembre a marzo. Cerca del 90% de los pescadores afirman que la población de aves migratorias en la región está disminuyendo, señalando el aumento del flujo de personas, la caza y la pérdida de hábitat como las principales causas de esta disminución, lo que coincide con los resultados revelados por investigaciones científicas en diversas partes del mundo.

Palabras-clave: Aves. Conocimiento tradicional. Etnoornitología. Impactos antropogénicos.

Introdução

As relações entre o ser humano e os animais é datada desde a antiguidade como é evidenciado nos registros arqueológicos (Anderson 2016). Desde então, animais e seres humanos têm compartilhado uma longa história, possibilitando ao homem acumular um vasto conhecimento da fauna local ao longo de suas gerações sendo, portanto, essas interações estudadas pela etnozootologia, uma ciência subdividida em vários campos específicos de interesse taxonômico (Alves *et al.* 2018).

Nessa perspectiva, o estudo dos vínculos e relações entre as pessoas e as aves é abordado pelos princípios da etnoornitologia, classificada como “um conjunto de estudos em que se busca compreender as relações cognitivas, comportamentais e simbólicas entre a espécie humana e as aves” (Farias e Alves 2007). Atualmente os estudos etnoornitológicos evidenciam a importância do conhecimento tradicional sobre a avifauna, e contribuem para o desenvolvimento de projetos de conservação e planos de manejo mais eficazes, tornando-se uma ótima ferramenta para a conservação da biodiversidade de aves (Andrade *et al.* 2016; Bonfim *et al.* 2021, Lopes e Mestre, 2022).

O Brasil concentra a segunda maior biodiversidade de aves do mundo, com 1.971 espécies catalogadas, sendo 1.742 residentes ou migrantes reprodutivos, 126 visitantes não reprodutivos e 103 vagantes (Pacheco *et al.* 2021). Cerca de 11% dessas aves realizam migrações intercontinentais, ou seja, movimentações regulares e anuais entre os locais de reprodução e alimentação distribuídos entre diferentes países ou continentes (Somenzari *et al.* 2018). Durante seus deslocamentos, as espécies migratórias são bastantes fiéis e dependentes de suas áreas de invernada onde anualmente se concentram, quase sempre em grande número. No entanto, os riscos à manutenção de suas populações ainda são crescentes, principalmente nas áreas de alimentação e repouso, onde vêm sofrendo forte impacto negativo decorrente das ameaças antrópicas (Lees *et al.* 2022).

As zonas costeiras estão situadas em uma das principais rotas de migração das aves migrantes do hemisfério Norte (também chamadas de migrantes neárticos), sendo reconhecidos sítios com grande concentração de indivíduos (Iglecia e Winn, 2021, Paludo *et al.* 2022). Portanto, a fidelidade dessas aves aos locais de invernada promove uma íntima relação das espécies com os pescadores tradicionais que dependem destes habitats para atividades de subsistência (Andrade *et al.* 2016).

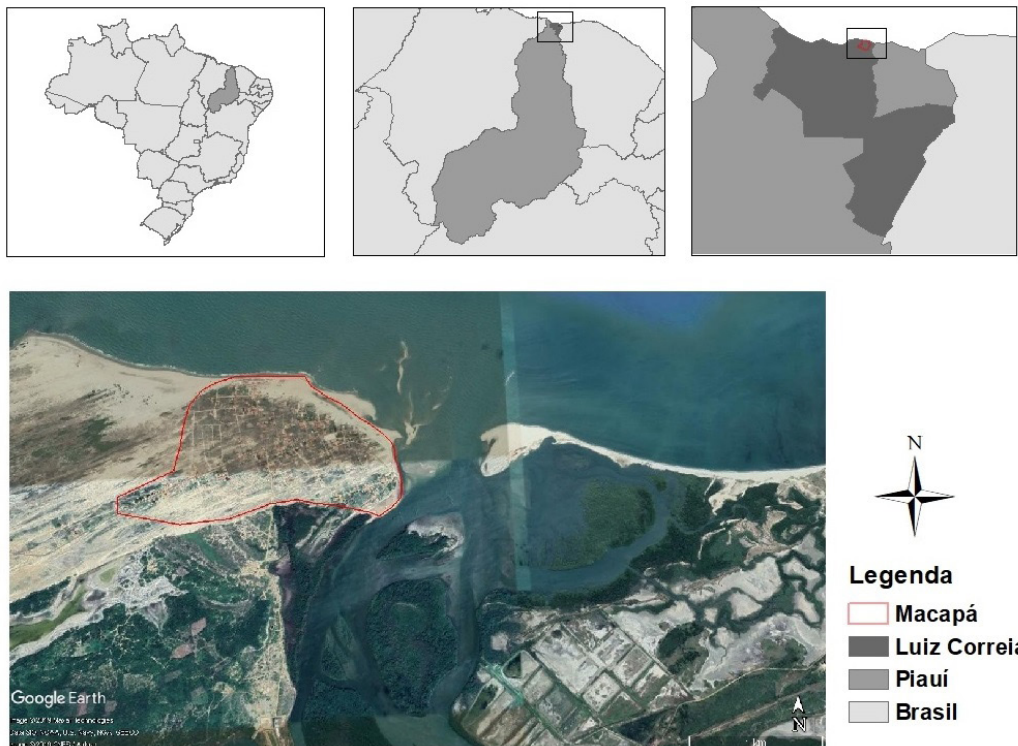
Portanto, compreendendo que as comunidades tradicionais têm alto potencial de contribuir para o conhecimento e a compreensão dos impactos sobre a avifauna, este estudo tem como objetivo registrar as espécies migratórias neárticas através do conhecimento etnoornitológico dos pescadores artesanais da comunidade de Macapá, localizado no extremo Norte do Piauí, considerando a percepção sobre a ecologia e os possíveis impactos sobre as espécies migratórias neárticas dos estuários Cardoso e Camurupim.

Material e métodos

Área de Estudo

A pesquisa foi realizada na comunidade Macapá (2°54'27"S/41°27'21"O), município de Luís Correia, situada no extremo norte do estado do Piauí. As atividades de subsistências dos pescadores entrevistados, segundo os mesmos, são praticadas principalmente nos estuários dos rios Cardoso e Camurupim, localizados às margens da comunidade e inseridos na Área de Proteção Ambiental (APA) Delta do Parnaíba, criada pelo Decreto Federal de 28 de agosto de 1996 (Figura 1). Tais estuários são refúgios das aves migratórias neárticas, e também uma área bastante utilizada pelo turismo de massa e o turismo de aventura.

Figura 1. Mapa de localização da comunidade Macapá, presente no município de Luís Correia, Piauí (Nordeste do Brasil).



Coleta e análise dos dados

O estudo foi realizado entre os meses de fevereiro e março de 2019, através de entrevistas aplicadas a 32 pescadores com o auxílio de formulários semiestruturados, como visto em outros estudos etnoornitológicos (Andrade *et al.* 2016). A comunidade de Macapá possui uma população estimada em 1000 habitantes segundo a líder comunitária de saúde local. A escolha dos pescadores como público alvo do presente estudo provém do fato dos mesmos possuírem contato direto ou indireto com a avifauna migratória local. Entre os critérios para seleção dos pescadores, foram considerados a idade (maiores de 18 anos) e o tempo de residência na comunidade (mais de 10 anos).

Por ser considerada uma população relativamente pequena, a escolha dos entrevistados ocorreu mediante a técnica bola-de-neve, que consiste em localizar novos informantes a partir da indicação dos primeiros entrevistados (Moreira *et al.* 2020). Essa sequência de indicação possibilita o reconhecimento de informantes-chave, que são pessoas da comunidade reconhecidas por possuírem maior experiência ou deter maior conhecimento sobre determinado assunto de interesse do pesquisador (Cajaiba *et al.* 2015). Para ajudar na identificação das aves utilizou-se o teste projetivo (Pires-santos *et al.* 2015), com o auxílio de uma prancha com registro fotográficos de 26 de aves migratórias neárticas de maior ocorrência na região (Cardoso 2023), sendo acrescentadas às pranchas três espécies residentes nos estuários (*Ardea alba*, *Egretta thulla* e *Egretta caerulea*), além de uma espécie que não ocorre na área de estudo (*Ciconia ciconia*) utilizada como controle para testar a confiabilidade das informações cedidas pelos informantes (Andrade *et al.* 2016). Para avaliar a distribuição das espécies citadas pelos pescadores dentro dos estuários dos rios Cardoso e Camurupim foram selecionados e representados

em uma imagem, criada através de um mapa da região, seis pontos onde os informantes apontavam aqueles de maior riqueza e abundância de aves (Figura 2).

Figura 2. Mapa de localização dos pontos de ocorrência das aves segundo os pescadores.



O tamanho dos bandos foi estimado através de categorias variadas entre 5-50 indivíduos, 50-100 indivíduos, >100 indivíduos para aves observadas. Assim, o pescador pôde definir o tamanho das populações de aves migratórias neárticas observadas nos estuários nos diferentes períodos. A mesma imagem foi utilizada para verificar os pontos de maior incidência de atividades turísticas relatadas pelos pescadores, sendo possível verificar em quais pontos as aves estão mais expostas à possíveis impactos ocasionados por estas atividades. As aves citadas pelos informantes foram identificadas até o nível de espécie seguindo a nomenclatura científica estabelecida pela Lista de Aves do Brasil (Pacheco *et al.* 2021). Os dados registrados foram organizados em planilhas eletrônicas e analisados quali-quantitativamente.

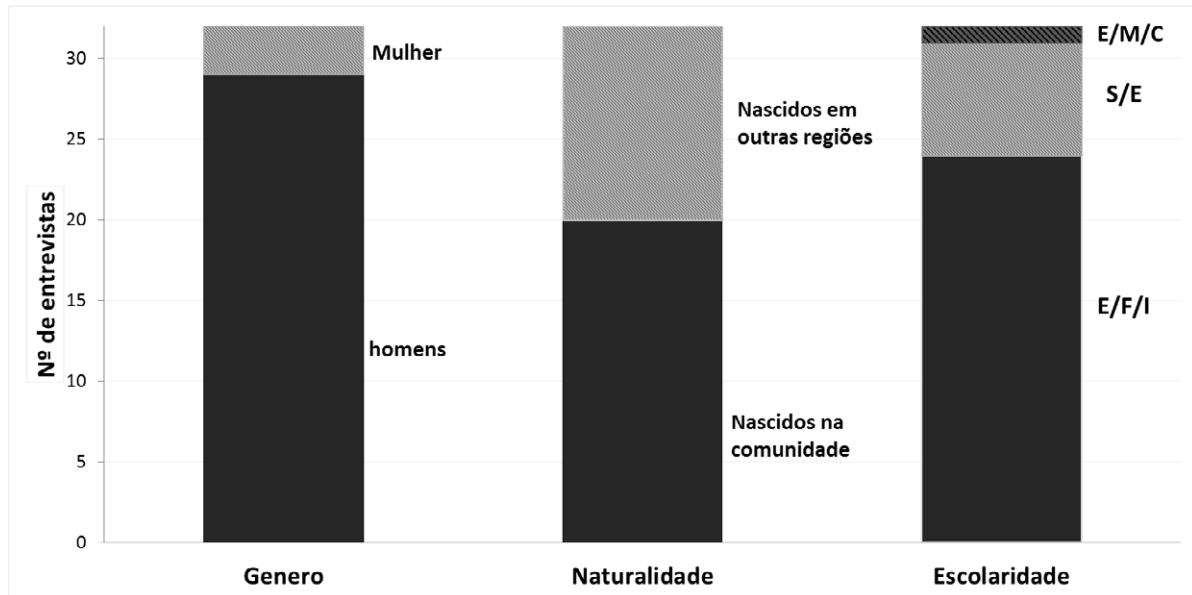
Ressalta-se que, antes de cada entrevista, os participantes tiveram acesso ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Humana da Universidade Federal do Piauí, com parecer de número 3.131.073. Somente após o seu consentimento a entrevista foi iniciada.

Resultados e discussão

Foram entrevistados na comunidade de Macapá 32 pescadores artesanais com idade entre 23 e 75 anos que, no geral, possuíam como atividade secundária a agricultura ou o comércio. Deste total, 29 dos entrevistados pertenciam ao gênero masculino, enquanto apenas 3 dos participantes eram do gênero feminino. Apenas 12 entrevistados eram nascidos na comunidade de Macapá, os demais eram naturais do estado do Ceará, Maranhão e Pará, ou de outras localidades do estado do Piauí, porém, moravam e praticavam atividades de subsistência por mais de 10 anos nos estuários. Quanto

à escolaridade, 24 entrevistados possuíam o ensino fundamental incompleto, sete se autodeclararam sem escolaridade e um entrevistado possuía ensino médio completo (Figura 3).

Figura 3. Dados socioeconômicos dos pescadores da comunidade Macapá, presente no município Luís Correia, Piauí (Nordeste do Brasil).



Legenda. E/M/C: Ensino médio completo. E/F/I: Ensino fundamental incompleto. S/E: Sem escolaridade

Os pescadores relataram a ocorrência de 13 espécies de aves migratórias nos estuários Cardoso e Camurupim, com 10 das espécies citadas pertencentes à família Scolopacidae, duas espécies da família Charadriidae e uma da família Pandionidae (Tabela 1). As três famílias citadas são compostas em grande parte por aves migratórias do hemisfério norte (Pacheco *et al.* 2021). A dominância destas famílias neste estudo não é surpresa, visto que as famílias Charadriidae e Scolopacidae, regionalmente e sazonalmente, contribui com cerca de 50% da avifauna presentes na zona litoral da costa do Brasil (Campos *et al.* 2008). As aves citadas pelos pescadores estão entre as espécies de maior ocorrência no litoral do Piauí, o que eleva as chances de visualização, ao passo que as demais espécies não reconhecidas pelos pescadores são de baixa ocorrência na região (Cardoso, 2023).

Tabela 1. Aves migratórias citadas pelos pescadores da comunidade de Macapá, presente no município Luís Correia, Piauí (Nordeste do Brasil).

Nome do Táxon	Nome em Português	Nome local	Status de conservação
Accipitriformes Bonaparte, 1831			
Pandionidae Bonaparte, 1854			
<i>Pandion haliaetus</i> (Linnaeus, 1758)	águia-pescadora	totó, tainheiro, águia-pesqueira	LC
Charadriiformes Huxley, 1867			
Charadriidae Leach, 1820			
<i>Pluvialis squatarola</i> (Linnaeus, 1758)	batuiriçu-de-axila-preta	maçarico	LC
<i>Charadrius semipalmatus</i> Bonaparte, 1825	batuíra-de-bando	maçarico, golinha	LC
Scolopacidae Rafinesque, 1815			
<i>Numenius hudsonicus</i> Latham, 1790	maçarico-de-bico-torto	pirão-gordo	VU (MMA, 2022)
<i>Actitis macularius</i> (Linnaeus, 1766)	maçarico-pintado	bate-bunda, maçarico	LC
<i>Tringa melanoleuca</i> (Gmelin, 1789)	maçarico-grande-de-perna-amarela	maçarico, maçarico-caneludo	LC
<i>Tringa semipalmata</i> (Gmelin, 1789)	maçarico-de-asa-branca	maçarico	LC
<i>Tringa flavipes</i> (Gmelin, 1789)	maçarico-de-perna-amarela	maçarico, maçarico-janjão,	LC
<i>Arenaria interpres</i> (Linnaeus, 1758)	vira-pedras	maçarico, curio-ca, maçarico-mariscado	LC
<i>Calidris canutus</i> (Linnaeus, 1758)	maçarico-de-papo-vermelho	maçarico	NT (IUCN, 2023) VU (MMA, 2022)
<i>Calidris alba</i> (Pallas, 1764)	maçarico-branco	espera-maré	LC
<i>Calidris pusilla</i> (Linnaeus, 1766)	maçarico-rasteirinho	maçarico	NT (IUCN, 2023) EN (MMA, 2022)
<i>Limnodromus griseus</i> (Gmelin, 1789)	maçarico-de-costas-branca	maçarico, fura-chão	EN (MMA, 2022)
Total = 13 espécies			

Os pescadores entrevistados são bem informados sobre o assunto, possuindo um vasto conhecimento sobre as aves migratórias da região. Isto provém do fato destes conviverem por muito tempo com a avifauna local, por serem dependentes dos recursos naturais extraídos dos estuários para sua subsistência (Andrade *et al.* 2016). Esse alto nível de conhecimento etnoornitológico das comunidades tradicionais tem sido visto também em outras regiões, como ocorreu com moradores da

comunidade rural de Santa Rita, pertencente ao Município do Congo, Estado do Paraíba, Nordeste do Brasil, que mostraram uma percepção bastante apurada sobre a biologia e ecologia das aves da região (Santos *et al.* 2023). O mesmo ocorreu com moradores do município de patos, Paraíba, Brasil, onde os entrevistados citaram 27 espécies de aves encontradas na região, sendo as aves identificadas com auto potencial sinérgico na região (Soares *et al.* 2018). Em uma pesquisa realizada com pescadores na Ilha da Coroa do Avião, em Pernambuco, que tratou do mesmo tema deste estudo, também foi revelado que os entrevistados possuem um alto nível de conhecimento da avifauna migratória que frequentam a região (Andrade *et al.* 2016).

Os nomes de algumas aves citadas pelos pescadores estavam apoiados em uma ou mais características de comportamento e morfologia. Os termos ligados ao comportamento foram: “fura-chão”, “bate-bunda”, “espera-maré” e “águia-pesqueira”. Quanto aos aspectos morfológicos os termos usados foram: “maçarico-mariscado”, “golinha”, “maçarico-caneludo” e “pirão-gordo”. Segundo Farias e Alves (2007), os nomes populares das aves está sempre apoiado em uma ou mais características perceptíveis como cor, tamanho, comportamento, habitat, alimentação, morfologia, analogia, voz e onomatopeia, sugerindo que a atribuição de nomes às aves não é de uma natureza totalmente arbitrária. Ainda segundo os autores, a compreensão dos nomes locais das aves, revelados no discurso das pessoas, pode auxiliar o pesquisador a adquirir informações importantes durante os trabalhos de campo.

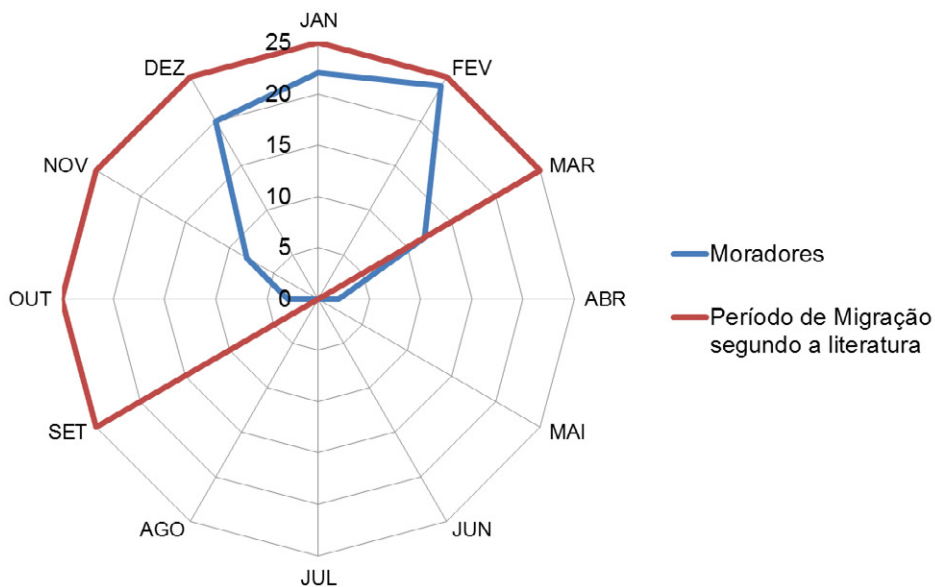
Neste estudo, os nomes associados à morfologia e ao comportamento facilitaram o pesquisador a identificar as espécies mencionadas pelos informantes, pois, na literatura, se caracterizam pelo menos por uma característica citada, como por exemplo, a “águia-pesqueira”. Segundo alguns pescadores a espécie recebe esse nome devido seu hábito de capturar peixes, como é visto na seguinte fala: “A *águia-pesqueira* se chama assim porque ela pesca, vejo ela sempre pescando peixes para se alimentar” (S., 75 anos). De acordo com Sick (1997), esta espécie alimenta-se de peixe e pode ser encontrada facilmente pescando em lagos, grandes rios, estuários e também no mar perto da costa. Ainda segundo o autor, a espécie *Charadrius semipalmatus*, nomeada como “golinha” por alguns pescadores, apresenta, em sua morfologia, um nítido colar branco nugal, podendo ser facilmente visualizado. Outra espécie nomeada pelas características comportamentais foi *Actitis macularius*, conhecido localmente como “bate-bunda”. Esta espécie de porte delgado pode ser reconhecida facilmente pelo balançar de cauda enquanto anda (Sick 1997).

Referente ao “maçarico”, citado pelos informantes, o nome é amplamente conhecido no Brasil e envolve somente aves pertencentes à família Scolopacidae. No entanto, também foi associado às espécies *Pluvialis squatarola* e *Charadrius semipalmatus*, as quais pertencem à família Charadriidae. Segundo Sick (1997) as espécies destas famílias são frequentemente semelhantes na aparência e comportamento, o que provavelmente explica o uso do termo pelos pescadores às espécies de ambas as famílias.

Quanto a distribuição das espécies na área de estudo, segundo os entrevistados, os pontos P2 (97%) e P1 (69%) são apontados com a maior abundância de indivíduos, mais precisamente citados no período de maré baixa, onde eram indicados, quase sempre, se alimentando em bandos nos lamaçais dos pontos selecionados. Os habitats com sedimento lamoso proporcionam maior concentração de alimento para as aves limícolas migratórias (Putra *et al.* 2017), como foi observado na região litorânea do estado Maranhão, com os maiores índices de riqueza e abundância de aves migratórias (Silva e Rodrigues 2015).

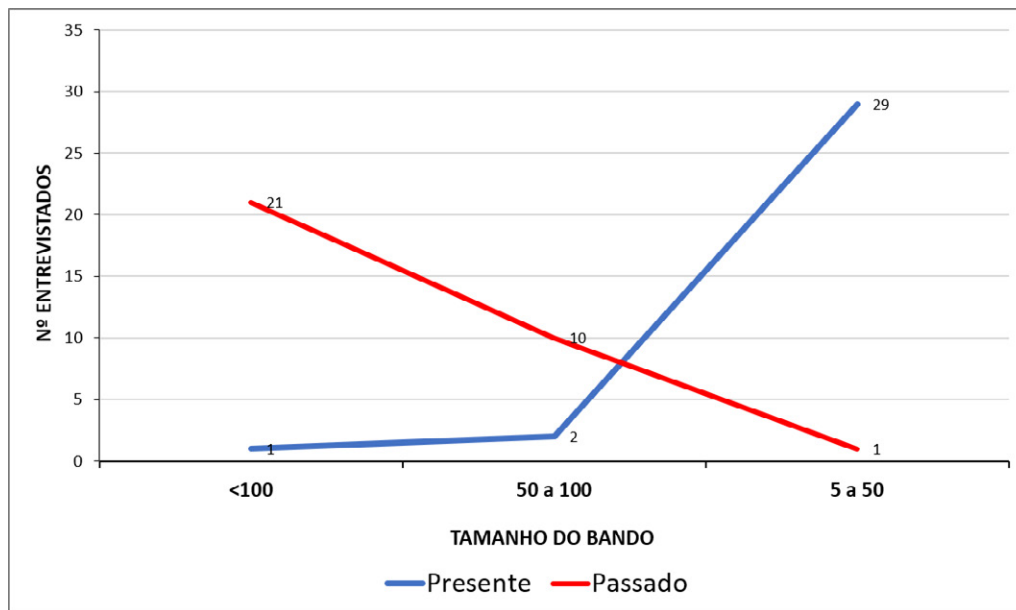
Quanto ao período de maior abundância de aves no local, os pescadores apontaram os meses de dezembro a março, enquanto os meses de abril a agosto foi considerado o período com menor número de aves migratórias neárticas observadas por eles (Figura 4).

Figura 4. Período de maior ocorrência das aves migratórias neárticas na região segundo os pescadores, comparando-se ao período de invernada no território brasileiro segundo a literatura.



O período mencionado pelos entrevistados corrobora o encontrado na literatura, pois a maioria das aves migratórias neárticas chega ao Brasil no período compreendido entre os meses de agosto a novembro, onde permanecem até fevereiro ou março. Após este período, grande parte de suas populações retornam para áreas de reprodução no hemisfério Norte, diminuindo seus padrões de riqueza e abundância nas áreas de invernada entre os meses de maio a julho (Almeida e Rodrigues 2015; Rodrigues *et al.* 2015; Sousa e Rodrigues 2015). Devido à fidelidade das espécies às suas áreas de invernada, as variações populacionais podem ser facilmente percebidas pelos pescadores nas regiões costeiras, os quais compartilham dos mesmos habitats que as aves migratórias ao longo de suas gerações (Andrade *et al.* 2016). Além disso, as variações na abundância e riqueza de espécies migratórias no litoral do Piauí também já haviam sido registradas por Guzzi *et al.* (2015), onde a maior abundância de aves foi registrada entre os meses de setembro a janeiro, enquanto nos demais meses do ano as populações estiveram ausentes ou extremamente reduzidas.

Quando os entrevistados foram questionados sobre alguma redução na população de aves migratórias local ao longo do tempo, 29 entrevistados afirmaram que sim. A maioria dos informantes mencionou que atualmente as aves são mais vistas em bandos que variam entre 5 a 50 indivíduos, ao passo que no passado eram vistos quase sempre com mais de 100 indivíduos (Figura 5), como se pode constatar na narrativa dos pescadores S., 75 anos: “Antigamente a gente via uns bandos com uns quinhentos maçaricos, hoje a gente vê bandos com no máximo uns 100” e do pescador F., 55 anos: “Todos esses maçaricos estão mais pouco, nem se compara como antigamente que a gente via bandos imensos”.

Figura 5. Tamanho dos bandos de aves migratórias observadas pelos pescadores no presente e no passado.

A redução nas populações de aves migratórias é também anunciada por vários autores em diferentes partes do mundo (Clark 2015; Palacín *et al.* 2017; Taylor e Stutchbury 2016; Wauchope *et al.* 2017). O fato de as aves ocuparem habitats amplamente divergentes e geograficamente distantes durante um único ano, e devido estas áreas serem interconectadas de maneiras complexas, possibilita que os declínios em suas populações possam ser percebidos nos diversos locais de invernada (Taylor e Stutchbury 2016). Desta forma, o compartilhamento desses locais com as aves ao longo de várias décadas, possibilita aos pescadores perceber a redução populacional das aves na área de estudo.

No Brasil, é reconhecido o declínio populacional das aves migratórias, sendo as causas associadas diretamente aos impactos antrópicos provocados nos diversos locais de invernada (Sousa e Rodrigues 2015, Andrade *et al.* 2016, Paludo *et al.*, 2022). Dentre as espécies mais críticas, segundo os informantes, destaca-se o maçarico-de-papo-vermelho (*Calidris canutus*), citado como uma das espécies com maior redução no número de indivíduos: “*tem um maçarico com umas manchas vermelhas que antigamente a gente via mais, mas agora eles diminuíram*” (T., 74 anos). Essa informação corrobora dados encontrados na literatura, como mostra uma pesquisa realizada por Clark (2015) na baía de Delaware, um dos principais locais de parada da espécie para alimentação antes da migração para o Hemisfério Sul. De acordo com o autor a população do *Calidris canutus* sofreu drástica redução nessa região, sendo a exploração do seu recurso alimentar pela população humana o principal motivo para o declínio populacional da espécie no local. Na região Norte do Brasil, umas das principais portas de entradas da espécie no país, sua população sofreu uma redução de cerca de 80%, o que seria um reflexo do alto índice de mortalidade da espécie, devido aos impactos ocorridos na baía de Delaware (Sousa e Rodrigues 2015). De acordo com o Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção a espécie aparece como Criticamente em Perigo (ICMBio, 2018).

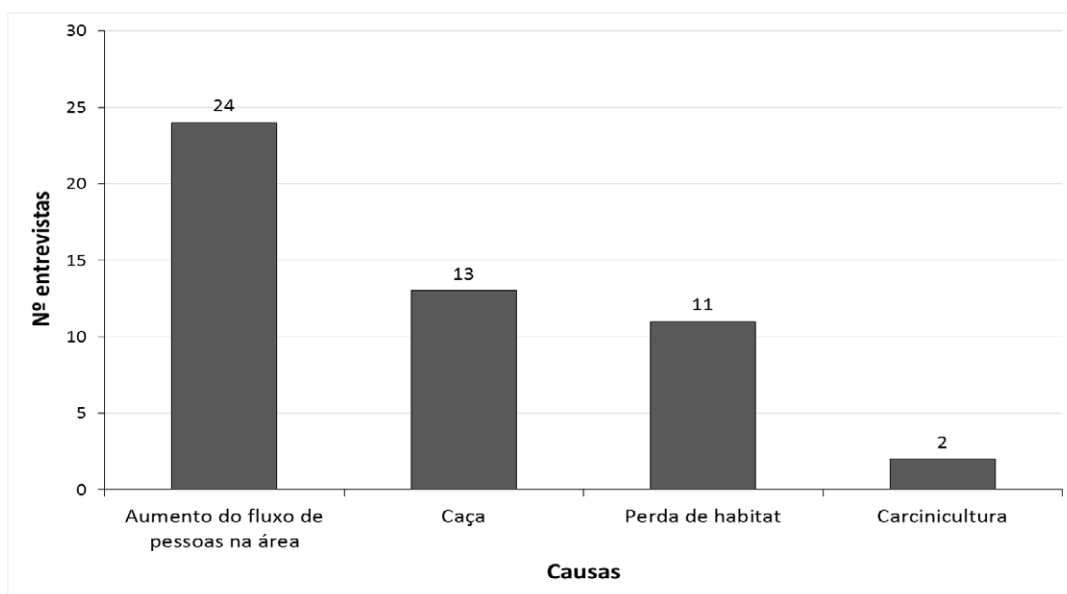
Dentre as principais causas mencionadas pelos pescadores para o declínio na população de aves migratórias neárticas está o aumento do fluxo de pessoas na região (24 dos relatos) (Figura 6), como relata os entrevistados a seguir: “*Porque tem mais gente, e as pessoas acabam espantando. Antigamente elas andavam por aí tudo sem ser perturbada*” (F., 55 anos), “*Eu acredito que deve ser*

pela maior quantidade de gente que anda ali no rio, antigamente era menos pessoas, então elas ficavam mais sossegadas” (C., 45 anos). A região possui potencial para o desenvolvimento turístico decorrente de sua beleza cênica e paisagística, o que movimenta o turismo de massa (Braga e Guzzi 2021; Braga *et al.* 2022; Rocha e Tavares 2017). As aves migratórias podem reconhecer humanos como possíveis predadores (Cestari 2008), por isso, acredita-se que o aumento do fluxo de pessoas na região possa ter proporcionado maior perturbação sobre a avifauna migratória, que tende a buscar áreas menos perturbadas levando a uma redução de suas populações na região (Burger *et al.* 2004).

A caça também foi bastante citada pelos entrevistados como causa da redução na população de aves migratórias nos estuários (Figura 6), porém, de acordo com os pescadores esta prática era sempre associada ao passado, considerando os últimos 50 anos: “Porque as pessoas caçavam muito antigamente, tinha gente que chegava com uma trouxa de maçarico” (M., 56 anos), sendo o maçarico-de-bico-torto (*Numenius hudsonicus*) o mais caçado, inclusive na atualidade, de acordo com os pescadores. Mesmo a maioria dos pescadores assumindo que a caça na região foi mais intensa na região em tempos remotos, alguns afirmaram conhecer pessoas que ainda praticam esta atividade nos estuários. Esta atividade nas comunidades tradicionais é considerada uma prática culturalmente enraizada principalmente para o consumo de carne (Soares *et al.*, 2018). No entanto, a exploração insustentável contribui para aumentar a pressão sobre a fauna, o que resulta em alteração na abundância das populações de espécies envolvidas (Whytock *et al.* 2018). Portanto, mesmo considerando que a caça na região tenha ocorrido com maior intensidade no passado, ela ainda pode ser considerada uma ameaça para as populações de aves migratória na região.

A perda de habitats foi a terceira causa mais citada pelos entrevistados (Figura 6), principalmente os pontos de alimentação das aves, como é relatado pelo pescador R., 58 anos: “Uma coisa que fez elas se afastarem daqui foi a diminuição da lama onde elas comiam, porque muitas croas de lama onde elas comiam foram cobertas de areia onde a gente quase não ver mais maçarico”.

Figura 6. Principais causas apontadas para a redução das aves pelos pescadores da comunidade Macapá.



A perda de habitats é considerada uma das principais causas para o declínio ou, até mesmo, a extinção de aves no Brasil (Lees *et al.* 2022). A área de estudo vem sofrendo ao longo do tempo uma série de alterações ocasionadas principalmente pelo intenso fluxo de matéria resultante da erosão marítima e os fortes ventos na região (Meireles e Campos 2011; Rocha 2016). Durante o processo de interação hidrodinâmica, o sedimento direciona-se para o interior dos estuários cobrindo os lamaçais que servem de locais para alimentação das aves, o que resulta em uma menor área de alimentação para essas espécies.

Devido a área de estudo sofrer com a influência da dinâmica de marés, a região está bastante vulnerável aos efeitos resultantes das mudanças climáticas, o que pode significar perda de habitats (Meireles e Campos 2011) e, conseqüentemente, declínio populacional das aves. Segundo Fonseca *et al.* (2017) quando os habitats entre marés são severamente reduzidos, uma fração importante das populações de aves costeiras será forçada a encontrar áreas alternativas para forragear. Langham *et al.* (2015) afirmam que as aves migratórias tendem a perder grandes áreas de alimentação e repouso nas próximas décadas devido ao aumento do nível do mar decorrente das alterações climáticas. Isto afeta diretamente as aves que dependem de recursos alimentares disponíveis nesta faixa do continente, principalmente nas zonas intertidais, local de alimentação para diversas espécies migratórias de hábitos limícolas (Waller *et al.* 2018).

A redução das populações das aves também foi associada à carcinicultura praticada na região, que consiste na técnica de criação de camarões em viveiro: “*As fazendas de camarão também fizeram elas diminuírem porque elas ocuparam muitos salgados onde elas comiam, hoje eles espantam, soltam até foguetes pra espantar elas*” (C., de 45 anos). O termo “salgado”, citado pelos pescadores, é uma categoria nativa que faz referências às marismas, ambientes intermareais recobertos por plantas herbáceas adaptadas ao alagamento periódico por águas salinizadas (Silva *et al.* 2020).

Segundo um dos pescadores, ex-funcionário de umas das fazendas de camarão, o ato de soltar fogos de artifícios é para afastar algumas espécies residentes como *Egretta thula* e *Egretta caerulea* que chegam a se concentrarem em grandes bandos para se alimentarem dos crustáceos. No entanto, esta prática pode afetar outras espécies de aves além das residentes, pois estes empreendimentos têm alto potencial atrativo para outras espécies de hábitos limícolas que buscam alimentos nesses locais (Navedo e Fernández 2019), o que inclui todas as espécies de aves migratórias citadas neste estudo.

As fazendas citadas pelos pescadores estão situadas a aproximadamente entre 3 e 4 km da comunidade Macapá, e ocupam uma grande área às margens dos estuários Cardoso e Camurupim. Segundo Meireles e Campos (2011), esses empreendimentos instalados na região vêm causando alterações na dinâmica dos ecossistemas, resultando em um aporte de sedimento para o interior dos canais estuarinos ocasionando a extinção de áreas de refúgio e alimentação das aves migratórias. Ainda sobre esta questão, Meireles *et al.* (2007) relatam que a implantação indiscriminada das fazendas de piscicultura pode ocasionar inúmeros impactos nos habitats estuarinos, suprimindo funções, habitats e serviços ambientais diretamente associados ao ecossistema manguezal, o qual abriga uma rica biodiversidade de aves residentes e migratórias (Chupil e Monteiro-Filho 2022). Ainda segundo os autores, os impactos decorrentes dessas atividades podem refletir diretamente na supressão de grandes áreas destinadas à expansão do ecossistema, incluindo setores utilizados pelas aves migratórias.

A maioria dos pescadores (22 entrevistados) afirmaram que o aumento do fluxo de pessoas na região, ocasionada principalmente pelo turismo local, afetam ou já afetaram as aves migratórias da região, havendo, inclusive, relatos de perturbação presenciada por alguns deles: “*Sim! Já vi um bando*

de maçarico voar quando um cara de kitesurf passou perto deles, voaram todos” (C., de 45 anos). Outros informantes afirmaram nunca terem presenciado nenhum distúrbio, no entanto, acreditam que as atividades turísticas na região exercem perturbações sobre a avifauna migratória, como mostra a fala do pescador R., de 47 anos: “*Ver eu não vi, mas com certeza na hora que eles passam elas voam porque elas são muito espantadas*”.

A alta concentração de pessoas em atividades recreativas e de lazer pode levar o turismo a gerar diversos impactos sobre o meio ambiente, causando principalmente distúrbios sobre a fauna (Carlos e García- Londoño 2023). As caminhadas realizadas pelos turistas nos locais de alimentação e descanso causa perturbação sobre as aves, interrompendo seu período de forrageio e repouso. De acordo com Cardoso e Nascimento (2007), esse tem sido um grande problema do turismo na Ilha da Coroa do Avião, em Pernambuco. Os autores relatam que o aumento do fluxo de pessoas caminhando próximo a áreas de descanso força as aves a mudarem de um lugar para o outro, sucessivas vezes, ocasionando perda desnecessária de energia. O armazenamento de energia é fundamental para permitir condições morfofisiológicas adequadas as aves para realizarem suas migrações de longa distância (Chaves *et al.* 2018).

Segundo os pescadores, a prática do *kitesurf* tem contribuído para a redução de peixes nos estuários, o que vem afetando a pesca de subsistência no local. Estes relatos indicam possíveis impactos em espécies de aves migratórias piscívoras, à exemplo da águia-pescadora (*Pandion haliaetus*) que utiliza os estuários como área de forrageio. Esta mesma espécie tem sido vista por alguns entrevistados pescando em mar aberto distante dos estuários: “*O totó sempre pescou ali no rio, mas eu já vi ele pescando várias vezes lá fora no mar, a uns 5 km daqui o que não era comum antes*” (C., 68 anos). Este comportamento poderá ser um indício do afastamento de peixe no local ou, mais precisamente, uma reação às perturbações antrópicas ocorrentes na região, pois um trabalho realizado por Monti *et al.* (2018), na ilha de Córsega, região francesa, mostrou que o aumento do fluxo de turistas pode causar uma redução populacional de *P. haliaetus* ao longo dos anos.

Ao serem questionados sobre quais as medidas deveriam ser tomadas para a conservação das aves migratórias da região, os pescadores da comunidade de Macapá apontaram como principal alternativa o controle das atividades turísticas nos estuários, sendo que o *kitesurf* foi a atividade com maior destaque pelos pescadores: “*Acho que deveria evitar o kitesurf de andarem perto de onde elas ficam, isso ajudaria muito na conservação*” (F., 52 anos). Alguns pescadores também sugerem mais fiscalização por parte dos órgãos ambientais na região que deveriam impor limites de espaço para as atividades na área de estudo, assim como intensificar a fiscalização no local: “*Deveria ter mais fiscalização para eles não andarem muito perto de onde elas tão, porque se tem eu não conheço*” (R., 47 anos). Seu M., de 56 anos diz que: “*O IBAMA deveria marcar e fiscalizar uma área para os turistas andarem de kitesurf, porque eles andam por todo lugar, então isso espanta as aves, assim como os peixes*”. No Plano de Manejo da APA Delta do Parnaíba é reconhecido que o turismo desordenado é uma ameaça para a fauna local (ICMBio 2020). Com isto, é previsto que as atividades de *kitesurf* devem ser ordenadas em planejamento específico considerando as áreas de vida de espécies como peixe-boi-marinho (*Trichechus manatus*), cavalo-marinho (*Hippocampus reidi*), boto-cinza (*Sotalia guianensis*) e aves limícolas (grupo composto principalmente por espécies migratórias neárticas) (Iglecia e Winn 2021).

A falta de fiscalização e de áreas demarcadas, citadas pelos entrevistados, permite aos kitesurfistas praticarem a atividade em várias partes dos estuários Cardoso e Camurupim, indo muitas vezes próximo às áreas de alimentação e descanso das aves migratórias. Contudo, medidas de proteção

podem gerar efeitos bastante positivos para a conservação da avifauna migratória, fornecendo ambientes com menor perturbação e com melhor qualidade para as aves se movimentarem quando perturbadas por atividades humanas, o que também contribui para diminuir os sinais de habituação à presença humana (Burge *et al.* 2004). Koch e Paton (2014), defendem que diante do aumento do fluxo de pessoas nas áreas de forrageio das aves migratórias é importante criar zonas de proteção para reduzir perturbações em espécies mais sensíveis, a exemplo de *C. canutus* (Cestari 2008). Apesar da APA Delta do Parnaíba já debater sobre o ordenamento da atividade de *kitesurf* na região, este ainda é um assunto muito superficial no plano de manejo da Unidade de Conservação (ICMBio, 2020), o que deixa margens para muitas irregularidades praticadas pelos velejadores.

A educação ambiental também foi citada como medida de conservação por alguns pescadores: “Deveria ser feito um trabalho de educação ambiental, para eles saberem que tem alguns lugares onde os maçaricos ficam, então eles não podem andar para não espantar” (G., 31 anos). A educação ambiental, prevista como uma necessidade de planejamento no plano de manejo da UC (ICMBio, 2020), pode ser uma medida de extrema importância para a conscientização do turismo na região, vendo que o local não conta com nenhum programa com esta finalidade, levando o turista a desconhecer a importância local para conservação das aves migratórias. Aliado a isto, a região oferece um ótimo cenário e oportunidade para *birdwatching*, uma das técnicas utilizadas para o ecoturismo, que se destaca por ser uma atividade de recreação ao ar livre, educacional e compatível com a preservação ambiental (Ocampo-Peñuela e Winton 2017).

Conclusão

Os pescadores da comunidade de Macapá demonstram sólido conhecimento sobre as aves migratórias que visitam a região, havendo consenso entre eles que houve redução da avifauna migratória nos últimos 50 anos, sendo o aumento do fluxo de pessoas, a caça e a perda de habitats as principais causas apontadas pelos pescadores. Os relatos também sugerem que as aves migratórias vêm sofrendo perturbação decorrente da atividade turística impedindo alimentação e repouso adequado dessas aves migratórias. Dessa forma, os saberes dos pescadores tradicionais da comunidade Macapá se revelam alinhados ao conhecimento científico, podendo ser uma importante ferramenta para auxiliar em ações mitigadoras que vise a conservação da avifauna migratória que visitam os estuários dos rios Cardoso e Camurupim, na região da APA Delta do Parnaíba, no norte do Piauí.

Participação dos autores: JSS - Conceitualização, Curadoria de dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Administração de projetos, Recursos, Programas, Validação, Visualização, Redação – rascunho original, Redação – revisão e edição; TFS, SSS - Análise Formal, Redação – rascunho original, Redação – revisão e edição; MSN - Investigação, Metodologia, Redação – rascunho original, Redação – revisão e edição; AG - Redação – revisão e edição, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Administração de projetos, Supervisão.

Aprovação ética ou licenças de pesquisa: O trabalho teve sua aprovação do comitê de ética ou licenças de pesquisa: Comitê de Ética em Pesquisa Humana da Universidade Federal do Piauí. CAAE 03615018.5.0000.5214. Número do Parecer: 3.131.073.

Disponibilidade dos dados: Os dados (produto de uma tese) encontram-se disponíveis no Repositório Institucional da Universidade Federal do Piauí (https://drive.google.com/drive/folders/1pfpKToq5syBZ2l_PCXDUDEy5feeWtAhR).

Fomento: a pesquisa não teve nenhum tipo de financiamento próprio, no entanto o primeiro autor teve ao longo da sua pesquisa a bolsa de incentivo científico CNPq. Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e à Universidade Federal do Piauí (UFPI) por permitir a realização do estudo.

Conflito de Interesses: os autores declaram não ter nenhum conflito de interesses.

Referências

- Almeida B, Rodrigues AAF. 2015. Abundância sazonal de aves limícolas em área costeira amazônica, praia de Panaquatira, golfo maranhense, Brasil. *Ornithologia* 8(1): 38–42.
- Alves MAS. 2007. Sistemas de migrações de aves em ambientes terrestres no Brasil: Exemplos, lacunas e propostas para o avanço do conhecimento. *Revista Brasileira de Ornithologia* 15(2): 231–238.
- Alves RRN, Souto WMS, Albuquerque UP. 2018. Ethnozoology: Conceptual and Historical Aspects. *Ethnozoology Animals in our Lives* 9–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809913-1.00002-8>
- Anderson EN. 2016. Birds of the Mongol empire. *Ethnobiology Letters* 7(1): 67–73. DOI: 10.14237/ebl.7.1.2016.715
- Andrade LP, Silva-Andrade HML, Lyra-Neves RM, Albuquerque UP, Telino-Júnior WR. 2016. Do artisanal fishers perceive declining migratory shorebird populations? *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 12(1): 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13002-016-0087-x>
- Bonfim AF, Andrea MV, Almeida R, Oliveira KN, Lemos MS, Aniceto ES. 2021. Saber sobre pássaros: um entendimento etnoornitológico dos moradores do povoado de Catuni da estrada, município de Jaguarari, no sertão baiano. *Revista Ouricuri* 11:029–050. <https://doi.org/10.29327/ouricuri.11.1-4>
- Braga SS, Guzzi A. 2021. Organização espacial da atividade turística no litoral piauiense. *Mercator* 20:20024. <https://doi.org/10.4215/RM0000.0000.0000>
- Braga SS, Guzzi A, Perinotto ARC, Malta GAP. 2022. Análise da atratividade turística do litoral piauiense: atualização da avaliação dos atrativos turísticos, entre 2010 e 2020. *Revista Turismo em Análise* 33:29–49. <https://doi.org/10.11606/issn.1984-4867.v33i1p29-49>
- Burger J, Jeitner C, Clark K, Niles LJ. 2004. The effect of human activities on migrant shorebirds: Successful adaptive management. *Environmental Conservation* 31(4): 283–288. <https://doi.org/10.1017/S0376892904001626>
- Cajaiba RL, Da Silva WB, Piovesan PRR. 2015. Animais silvestres utilizados como recurso alimentar em assentamentos rurais no município de Uruará, Pará, Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente* 34: 157–168. <https://doi.org/10.5380/dma.v34i0.38889>
- Campos CEC, Naiff RH, Araújo AS. 2008. Censo de aves migratórias (Charadriidae e Scolopacidae) da Porção Norte da Bacia Amazônica, Macapá, Amapá, Brasil. *Ornithologia* 3(1): 38–46.
- Cardoso CO, Sales DS, Nascimento MS, Siqueira AJS, Pereira OA, Santos SS, Santos FCV, Carneiro PBM, Guzzi A. 2023. Space-time patterns and drivers of migrant bird communities in coastal Piauí State, Brazil. *Revista de Biología Tropical*. 71, 1–15. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v71i1.47300>
- Cardoso TAL, Nascimento J LX. 2007. Avaliação de atividades turísticas prejudiciais à permanência de aves migratórias na Coroa do Avião, Pernambuco, Brasil. *Ornithologia* 2(2): 170–177.
- Carlos NV, García- Londoño, AF. 2023. Revisión bibliográfica sistemática del impacto del turismo en el bienestar de la fauna silvestre en Sudamérica. *El Periplo Sustentable* (46): 71–93. doi: <https://doi.org/10.36677/elperiplo.v0i46.21010>
- Cestari C. 2008. O uso de praias arenosas com diferentes concentrações humanas por espécies de aves limícolas (Charadriidae e Scolopacidae) neárticas no sudeste do Brasil. *Biota Neotropica* 8(4). <https://doi.org/10.1590/S1676-06032008000400007>

- Chaves FQ, Neri-Júnior NA, Rodrigues RC, Araujo HFP, Guerra RR. 2018. Morphometry of pectoral muscle fiber and intestinal villi of *Calidris pusilla* during the wintering period in Brazil. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 38(9): 1849–1855. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-5175>
- Chupil H, Monteiro-Filho ELA. 2022. Birds of Parque Estadual Ilha do Cardoso: ecology, conservation and natural history. *Biota Neotropica* 22 (1): e20211295. <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2021-1295>
- Clark NA. 2015. Migration, interrupted. *Science* 348(6233): 403–403. <https://doi.org/10.1126/science.aaa8157>
- Farias GB, Alves ÂGC. 2007. Aspectos históricos e conceituais da etnoornitologia. *Biotemas* 20(1): 91–100.
- Fonseca J, Basso E, Serrano D, Navedo JG. 2017. Effects of tidal cycles on shorebird distribution and foraging behaviour in a coastal tropical wetland: Insights for carrying capacity assessment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 198:279–287. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.09.016>
- Guzzi A, Gomes DN, Santos AGS, Fravetto MA, Soares LMS, Carvalho RAV. 2015. Composição e dinâmica da avifauna da usina eólica da praia da Pedra do Sal, Delta do Parnaíba, Piauí, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia* 105(2): 164–173. DOI: 10.1590/1678-476620151052164173
- ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba. Brasília, DF: 2020. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/>. Acesso em: 03 fev. 2024.
- ICMBio. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume III – Aves. 1. ed. Brasília, DF: ICMBio/MMA, 2018.
- Iglecia M, Winn B. A shorebird management manual. Massachusetts, USA: Manomet, 2021. 201 p.
- Koch SL, Paton PWC. 2014. Assessing anthropogenic disturbances to develop buffer zones for shorebirds using a stopover site. *Journal of Wildlife Management* 78(1): 58–67. DOI: <https://doi.org/10.1002/jwmg.631>
- Langham GM, Schuetz JG, Distler T, Soykan CU, Wilsey C. 2015. Conservation status of North American birds in the face of future climate change. *PLoS ONE* 10(9): 1–16. DOI: 10.1371/journal.pone.0135350
- Lees AC, Haskell L, Allinson T, Bezeng SB, Burfield IJ, Renjifo LM, Rosenberg KV, Viswanathan A, Butchart SHM. 2022. State of the World's Birds. *Annual Review Of Environment and Resources*, v. 47, 1–30. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-112420-014642>.
- Lopes ADL, Mestre LAM. 2022. Estudo etnoornitológico na comunidade do Cabaraquara, Guaratuba, litoral do Paraná, Brasil. *Revista Etnobiología* (20) 3–13
- Meiros AJA, Cassola RS, Tupinambá SV, Queiroz LS. 2007. Impactos ambientais decorrentes das atividades da carcinicultura ao longo do litoral cearense, nordeste do Brasil (environmental impacts promoted by shrimp farm on the coast Ceará, northeastern Brazil). *Revista Mercator* 6(12): 83. DOI: 10.4215/RM0000.0000.0000
- Meiros AJA, Campos AA. 2011. Componentes geomorfológicos, funções e serviços ambientais de complexos estuarinos no Nordeste do Brasil. *Revista da Anpege* 6(6): 89–107. DOI: <https://doi.org/10.5418/RA2010.0606.0007>
- Monti F, Duriez O, Domini JM, Sforzi A, Roberto A, Fusani L, Grémillet D. 2018. The price of success: integrative long-term study reveals ecotourism impacts on a flagship species at a UNESCO site. *Animal Conservation* 21(6): 448–458. DOI: <https://doi.org/10.1111/acv.12407>
- Moreira MP, Souza DF, Angelo EA. 2020. Conhecimento Etnobiológico De Uma Comunidade Rural Como Fonte De Informação Para Material Informativo-Educativo. *Ethnoscintia* 5, 1–13. <https://doi.org/10.22276/ethnoscintia.v5i1.305>
- Navedo JG, Fernández G. 2019. Use of semi-intensive shrimp farms as alternative foraging areas by migratory shorebird populations in tropical areas. *Bird Conservation International* 29(2): 263–276. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0959270918000151>

Ocampo-Peñuela N, Winton RS. 2017. Economic and Conservation Potential of Bird-Watching Tourism in Postconflict Colombia. *Tropical Conservation Science* 10. DOI: <https://doi.org/10.1177/1940082917733862>

Pacheco JF, Silveira LF, Aleixo A, Agne CE, Bencke GA, Bravo GA, Brito GRR, Cohn-Halft M, Maurício GN, Naka LN, Olmos FO, Posso SR, Lees AC, Figueiredo LFA, Carrano E, Guedes RC, Cesari E, Franz I, Schunck F, Piacentini VQ. 2021. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee – second edition. *Ornithology Research* 29: 01-123. <https://doi.org/10.1007/s43388-021-00058-x>

Palacín C, Alonso JC, Martin CA, Alonso J. 2017. Changes in bird-migration patterns associated with human-induced mortality. *Conservation Biology* 31(1): 106–115. DOI: 10.1111/cobi.12758

Paludo D, Marcelino AMT, Júnior WRT, Perello LF, Petry MV, Mobley JA, Arantes MS, 2022. Áreas Estratégicas para a Conservação de Aves Limícolas na Costa Brasileira. *RevISTA Costas* 4: 21–52. <https://doi.org/10.25267/costas.2023.v4.i2.0204>

Pires-santos D, Loss ATG, Andrea MV, Neto MC. 2015. O conhecimento etnoornitológico dos moradores do município de Elísio Medrado, Bahia, Brasil. *Ouricuri* 5: 67–85.

Putra CA, Perwitasari-Farajallah D, Mulyani YA. 2017. Habitat Use of Migratory Shorebirds on the Coastline of Deli Serdang Regency, North Sumatra Province. *HAYATI Journal of Biosciences* 24(1): 16–21. DOI: <https://doi.org/10.4308/hjb.24.1.16>

Rocha GC. 2016. Relação atmosfera e dinâmica sedimentar nas praias de Macapá e Maramar – Luis Correia - Piauí – Brasil. *Caderno de Geografia* 26: 197–213. DOI: <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2016v26nesp2p300>

Rocha GC, Tavares AC. 2017. Levantamento de informações socioambientais na comunidade da praia de Macapá - Luís Correia - Piauí - Brasil: contribuições ao gerenciamento costeiro participativo. *Caderno de Geografia* 27(1): 138–158. DOI: <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2017v27nesp1p67>

Rodrigues AAF, Lopes ATL, Gonçalves EC, Schneider MPC. 2015. Spring migration of semipalmated sandpiper *Calidris pusilla* in the Amazonian coast of Brazil. *Ornithologia* 8(1): 11–16.

Santos SS, Soares HKL, Soares VMS, Lucena CM, Lucena RFP. 2023. Conhecimento de agricultores sobre aves em uma comunidade rural no Semiárido da Paraíba: uma abordagem da etnoornitologia. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade* 10:33-56. [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2023\)102403](https://doi.org/10.21438/rbgas(2023)102403)

Sick H. 1997. *Ornitologia brasileira*. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira.

Silva AP, Silva JB, Silva AED. 2020. Marisma, Manguezal (Mangue E Apicum): Ecossistemas De Transição Terra-Mar Do Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 13:727–742. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.2.p727-742>

Silva LMR, Rodrigues AAF. 2015. Densidade e distribuição espacial de aves limícolas em habitats de forrageio na costa amazônica brasileira. *Ornithologia* 8(1): 17–21.

Soares VMS, Soares HKL, Lucena RFP, Barboza RRD. 2018. Conhecimento, uso alimentar e conservação da avifauna cinegética: estudo de caso no município de Patos, Paraíba, Brasil. *Interciencia* 43(7): 491–497.

Somenzari M, Amaral PP, Cueto VR, Guaraldo AC, Jahn AE, Lima DM, Lima PC, Lugarini C, Machado CG, Martinez J, Nascimento JLX, Pacheco JF, Paludo D, Prestes NP, Serafini PP, Silveira LF, Sousa AEBA, Sousa NA, Souza MA, Telino-Júnior WR, Whitney BM. 2018. An overview of migratory birds in Brazil. *Papéis Avulsos de Zoologia* 58(3). DOI: <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2018.58.03>

Sousa APS, Rodrigues AAF. 2015. Censo populacional do maçarico-de-peito-vermelho *Calidris canutus rufa* na praia de Panaquatira, Maranhão, Brasil, em um ciclo anual. *Ornithologia* 8(1) 33–37.

Taylor CM, Stutchbury BJM. 2016. Taylor and Stut2016 habitat loss fragmentation affect migratory songbirds. *Ecological Applications* 26(2): 424–437. <https://doi.org/10.1890/14-1410>

Waller EK, Crimmins TM, Walker JJ, Posthumus EE, Weltzin JF. 2018. Differential changes in the onset of spring across US National wildlife refuges and North American migratory bird flyways. PLoS ONE 13(9): 1–25. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202495>

Wauchope HS, Shaw JD, Varpe O, Lappo EG, Boertmann D, Lanctot RB, Fuller RA. 2017. Rapid climate-driven loss of breeding habitat for Arctic migratory birds. Global Change Biology 23(3): 1085–1094. DOI: <https://doi.org/10.1111/gcb.13404>

Whytock RC, Morgan BJ, Awa T, Bekokon Z, Abwe EA, Buij R, Virani M, Vickery JA, Bunnefeld N. 2018. Quantifying the scale and socioeconomic drivers of bird hunting in Central African forest communities. Biological Conservation 218: 18–25. DOI: [10.1016/j.biocon.2017.11.034](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.11.034)



Esta obra está licenciada com uma *Licença Creative Commons Atribuição Não-Comercial 4.0 Internacional*.