

Environmental perception from rural residents and specialists in a biodiversity hotspot

Heitor C. Sousa^{1*} , Guarino R. Colli² , Adriana Malvasio¹ 

¹ Universidade Federal do Tocantins – UFT, Quadra 109 Norte Av. NS-15, ALCNO-14, Plano Diretor Norte, CEP: 77001-090, Palmas, Tocantins, Brasil

² Universidade de Brasília – UnB, Departamento de Zoologia, Instituto de Ciências Biológicas, Avenida L4 Norte, Asa Norte, CEP: 70910-900, Brasília, Distrito Federal, Brasil

*Corresponding author: heitor.sousa@uft.edu.br

Received 2 January 2023.

Accepted 11 July 2023.

Published 31 August 2023.

Abstract - Humanity is experiencing an environmental crisis, threatening biodiversity and itself. Knowing the environmental perception of social actors in threatened ecosystems can be critical for making decisions and planning more effective conservation actions. We investigated the positive and negative environmental perceptions of the Cerrado, a biodiversity hotspot, from 48 rural residents and 49 environmental specialists (n = 97). We used semiautomated content analysis methods to explore differences in word and topic associations used by each group. As expected, we found differences in the vocabulary used by rural residents and specialists' environmental perceptions of the Cerrado. However, only positive perceptions of the Cerrado presented different topics between groups. Rural residents tend to have a more utilitarian and anthropocentric perception of the Cerrado, emphasizing edible fruits and scenic beauties. In contrast, specialists stressed the importance of biodiversity and ecosystem services in the region, such as water supply and tourism, in regional, national, and global contexts. Public policies and environmental education activities are essential to demystify misperceptions about the Cerrado and to increase society's awareness of the conservation of this highly threatened region.

Keywords: Content analysis. Cerrado. Deforestation. Ecosystem services. Social actors. Attitudes. Social conservation. Environmental changes. Environmental education.

Percepção ambiental de residentes rurais e especialistas ambientais em um *hotspot* de biodiversidade

Resumo - A humanidade está vivendo uma crise ambiental, que ameaça a biodiversidade e a si mesma. Conhecer a percepção ambiental dos atores sociais em ecossistemas ameaçados pode ser crítico para tomar decisões e planejar ações conservacionistas mais efetivas. Nesse estudo, investigamos as percepções ambientais positivas e negativas de 48 residentes rurais e 49 especialistas ambientais (n = 97) em frente ao Cerrado, um *hotspot* de biodiversidade. Utilizamos métodos de análises de conteúdo semiautomáticas para explorar as diferenças nas associações de palavras e tópicos utilizados por cada

grupo. Como esperado, encontramos diferenças no vocabulário utilizado na percepção ambiental do Cerrado pelos residentes rurais e ambientalistas. No entanto, somente as percepções positivas do Cerrado apresentaram tópicos diferentes entre os grupos. Residentes rurais tendem a ter uma percepção mais utilitarista e antropocêntrica do Cerrado, enfatizando frutas comestíveis e beleza cênica; enquanto ambientalistas enfatizam mais a importância de serviços ecossistêmicos da região, como a provisão de água e turismo, em contextos regional, nacional e global. Políticas públicas e atividades de educação ambiental são importantes para desmistificar algumas percepções equivocadas que algumas pessoas ainda possuem em relação ao Cerrado e para sensibilizar e conscientizar a sociedade para a conservação dessa região tão ameaçada.

Palavras-chave: Análise de conteúdo. Cerrado. Desmatamento. Serviços ecossistêmicos. Atores sociais. Atitudes. Conservação social. Mudanças ambientais. Educação ambiental.

Percepción ambiental de los residentes rurales y especialistas ambientales en un *hotspot* de biodiversidad

Resumen - La humanidad está experimentando una crisis ambiental, amenazando la biodiversidad y a sí misma. Conocer la percepción ambiental de los actores sociales en ecosistemas amenazados puede ser fundamental para tomar decisiones y planificar acciones de conservación más efectivas. En este estudio, investigamos las percepciones ambientales positivas y negativas de 48 residentes rurales y 49 especialistas ambientales ($n = 97$) frente al Cerrado, un punto crítico de biodiversidad. Utilizamos métodos de análisis de contenido semiautomáticos para explorar las diferencias en las asociaciones de palabras y temas utilizadas por cada grupo. Como era de esperar, encontramos diferencias en el vocabulario utilizado en la percepción ambiental del Cerrado por los residentes rurales y ambientalistas. Sin embargo, solo las percepciones positivas del Cerrado presentaron diferentes temas entre los grupos. Los residentes rurales tienden a tener una percepción más utilitaria y antropocéntrica del Cerrado, enfatizando la fruta comestible y la belleza escénica; mientras que los ambientalistas enfatizan más la importancia de los servicios ecossistémicos en la región, como el suministro de agua y el turismo, en contextos regionales, nacionales y globales. Las políticas públicas y las actividades de educación ambiental son importantes para desmitificar algunas percepciones erróneas que algunas personas aún tienen en relación con el Cerrado y para sensibilizar y concienciar a la sociedad sobre la conservación de esta región altamente amenazada.

Palabras clave: Análisis de contenido. Cerrado. Deforestación. Servicios de ecosistema. Actores sociales. Actitudes. Conservación social. Cambios ambientales. Educación ambiental.

Introduction

The world has already surpassed many safe biophysical limits for humanity, and biodiversity loss has suffered the most significant change (Johan et al. 2009; Rockström et al. 2009). Land use is the

primary driver of this change, especially in biodiversity hotspots (Newbold et al. 2016). By decreasing native vegetation areas, agriculture mechanization and global population growth have accelerated the rate of biodiversity loss (Aycrigg et al. 2022; Beckmann et al. 2019; Bellard et al. 2014). Extinction rates are as high as when other mass extinctions occurred on Earth, posing challenges to biodiversity conservation and the resilience of socio-ecological systems (Cardinale et al. 2018; Ceballos et al. 2020; Dirzo et al. 2014). The loss of biodiversity brings to discussion not only practical issues related to ecosystem services provided to society and other cascading ecological effects but also ethical ones in our daily practices and long-term actions, policies, and plans that contrapose the biodiversity conservation (Ducarme et al. 2020; Kopnina 2016; Vucetich et al. 2021).

Despite substantial advances in conservation since the 80s (raised concerns about environmental problems), many negative trends are no different than before or are even worse (Chazdon 2019; Macura et al. 2015; Schleicher et al. 2019). Some argue that this failure is partly due to the dichotomy created between humans and nature (Adams et al. 2019; Fitzgerald and Stronza 2009; Sutherland et al. 2009). For instance, one of the most effective conservation practices is the creation of protected areas to exclude human presence in certain regions (Dinerstein et al. 2017; Kopnina 2016). Thus, it is increasingly necessary to consider in environmental evaluations the socioeconomic activities and other human dimensions (*e.g.*, psychology, cultural traditions, politics, and governance) to mitigate negative impacts and increase the efficiency and effectiveness of biodiversity conservation (Tilman et al. 2017). The success of conservation actions depends on the local people and how they live and build their social constructs (Bennett and Roth 2015; Bennett et al. 2016).

Studies on environmental perception aim to provide a systematic and scientific understanding of the “internal” view (from the local human community) to supplement the more traditional and “external” scientific approach (Whyte 1977). This internal view is critical for sustainability and biological conservation in biodiversity hotspots, where social and environmental conflicts arise and lead to socio-ecological crises (Zhao et al. 2022). Therefore, understanding human perceptions, motivations, predispositions, preferences, and attitudes may help to formulate more effective conservationist educational policies, actions, and awareness programs to convince people to collaborate and participate (Bennett 2016; Bennett et al. 2016; Cortés-Capano et al. 2020).

The Brazilian savannas (Cerrado) comprise the second largest ecoregion in South America with more than 2,000,000 km² of geographical area and possess a highly heterogenous environment shaped by complex interactions between vegetation, terrain, soil, and fire (Eiten 1972; Françoso et al. 2019; Furley 1999). The Cerrado is one of the most diverse savannas in the world and has high endemism levels (Furley 1999; Klink and Machado 2005). However, the increase in croplands and pastures threatens its biodiversity (Colli et al. 2020); therefore, it is considered a global biodiversity conservation hotspot (Mittermeier et al. 1998; Myers et al. 2000). Converting native vegetation to crops and pastures increases average surface temperatures and reduces the water recycled to the atmosphere, disrupting many ecosystem functions and services, such as the provision of water to other basins (Alencar et al. 2020; Bustamante et al. 2016; Rodrigues et al. 2022; Schüler and Bustamante 2022). In this study, we investigated the differences in the perceptions between rural people and environmental specialists towards the Cerrado savannas. We used automated content analysis and statistical modeling to assess differences in positive and negative perceptions between these two groups. We explored the discourses in light of the main psychological and social drivers to advance our knowledge about the tradeoffs and conflicts in conserving this world’s biodiversity hotspot.

Material and Methods

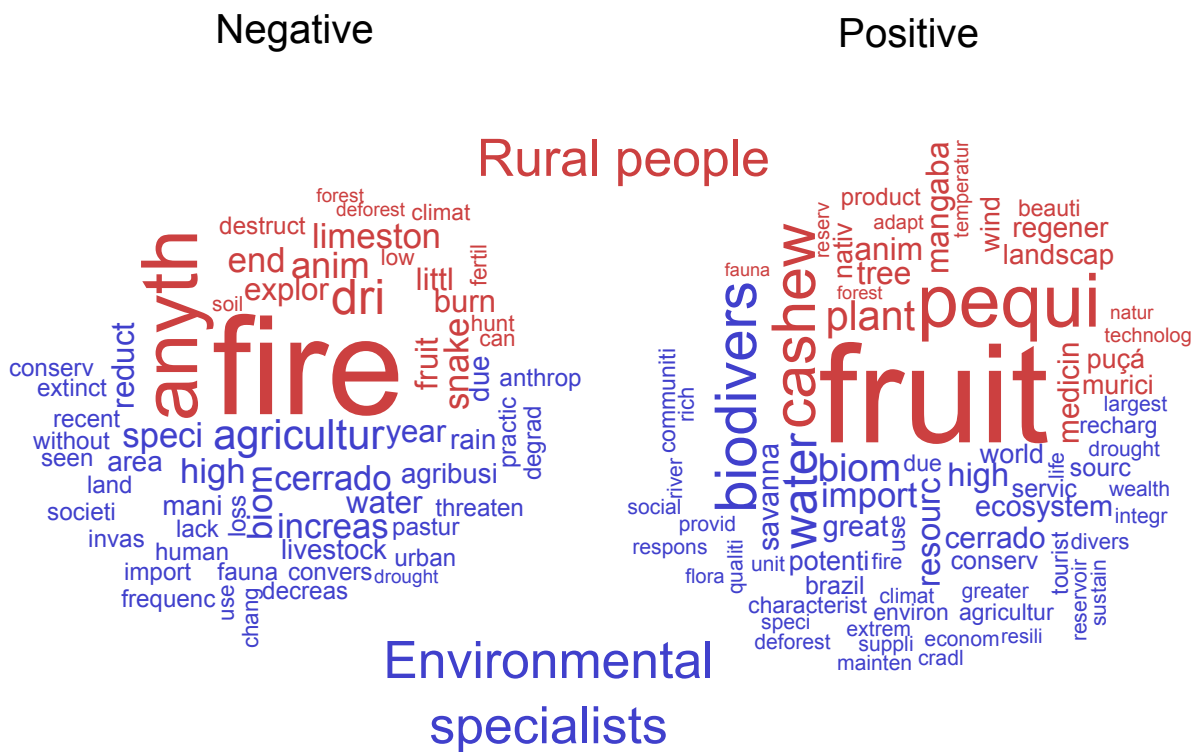
This study is part of a broader project aiming to investigate the perceptions and attitudes towards fire use and management, biodiversity conservation, climate change, and sustainable development in the Cerrado savannas. We built two different questionnaires for rural residents and environmental specialists. We used the questionnaires to survey, in person, rural residents in Palmas municipality, Tocantins, Brazil. For the selection of interviewees, we excluded rural properties exclusive for leisure purposes or without permanent residents. We recorded the audio in the interviews (when allowed) and helped them read the questions. We asked 548 environmental specialists to answer an online questionnaire through Google Forms. We contacted researchers involved with Cerrado conservation (mainly ecologists), agents, and technicians from state and federal environmental agencies, including managers of protected areas using their publicly available e-mails on the internet. We only considered environmental agencies located inside the Cerrado distribution (see Appendix 1 for a summary of the environmental specialists contacted). We gave the participants to sign a term of consent signed by the researchers before answering the questions. The in-person surveys usually took more time (~20-30 min) than online questionnaires (~15-20 min) because we had to verbalize and explain the questions more thoroughly. We conducted surveys and questionnaires using the Portuguese language. We asked open questions about their positive and negative perceptions of Cerrado. Later, we asked for other socio-economical information, precisely about their educational level, monthly income, age, gender identification, years of current work (only for specialists) or living in rural areas (only for rural people), and property size. The levels and descriptions of each question are in Appendix 2. By the end of the surveys, which occurred between July and August 2021, we surveyed 48 rural residents, and 49 environmental specialists answered the questionnaires (a total of 97 participants).

In this study, we used a quanti-qualitative approach, since we quantified the words used by the groups, applied statistical analyses, and interpreted them qualitatively enlightened by a conservation and socioenvironmental perspective. We used the package *quanteda* to make automated content analyses on the open answers by the participants (Benoit et al. 2018). First, we used the Google Translate Service to translate the text of the answers into English. For each question (positive and negative aspects about Cerrado), we created a corpus and a document-feature matrix (DFM). In our pre-processing routine, we removed from the DFMs the punctuation, numbers, and stopwords; selected words longer than two characters; and used the default stemming algorithm. Then, we counted for each DFM the most frequent features (words after the stemming process) from each group (rural people and environmental specialists) and built network matrices of co-occurrent features used by each person (Butts 2008). Afterward, we fitted Bernoulli Naïve Bayes (NB) models to rate the best features that classify each group (rural people and environmental specialists) (Jurafsky and Martin 2018; Manning et al. 2008). We used confusion matrix classification with 1,000 repeated k-fold cross validation and McNemar's tests to assess model accuracy. We also built structural topic models (STMs) using the package *stm* to test whether the groups' topics differed (Roberts et al. 2019). The STM is a semiautomated coding technique that draws on recent developments in machine learning-based analysis of textual data (Roberts et al. 2016; Roberts et al. 2014). In the results' section, when the feature (stemmed word) is not a complete word, we show the feature (stemmed word) and the word associated.

Results

In the open questions about Cerrado's negative aspects, rural people and environmental specialists cited the word "fire" more often (19 and 12 interviewees, respectively). Some rural interviewees (7) could not indicate anything as negative in the Cerrado ("anyth—anything"), and others cited the dry conditions (4 people, "dri—dry"). Words associated with "deforestation" were present in both groups but were the second most cited by environmental specialists, together with the word "agriculture" (both cited by seven interviewees, Figure 1). Regarding Cerrado's positive aspects, most rural interviewees mentioned fruits (25 people) and their names ("pequi—the fruit of *Caryocar brasiliense*"—by 12 and "cashew—the fruit of *Anacardium humile*"—by nine people). At the same time, the most cited features by the environmental specialists were "biodivers—biodiversity -," "water," and "biom—biome" (26, 18, and 10 people, respectively).

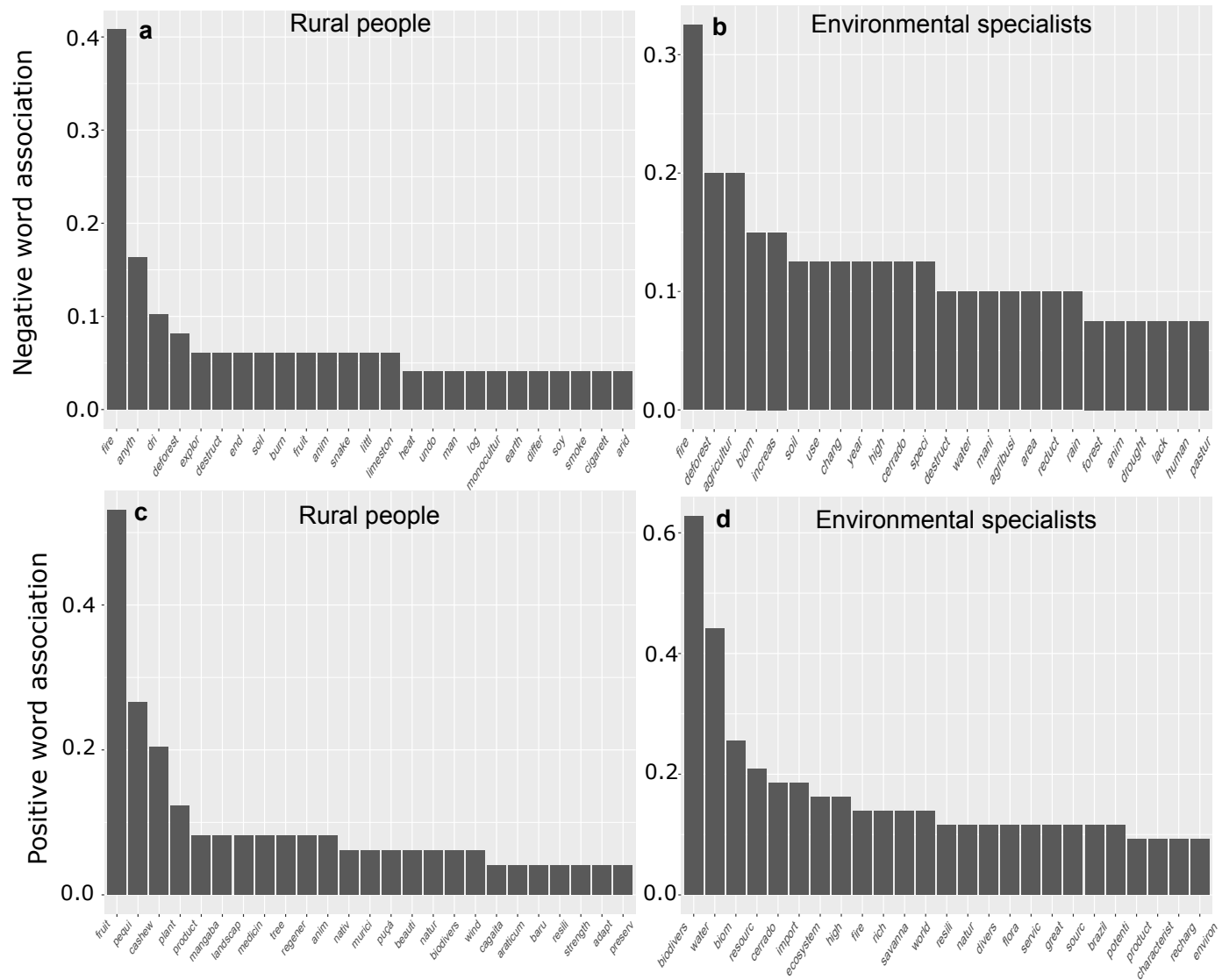
Figure 1. Word clouds of the Cerrado's perceptions from rural people (red) and environmental specialists (blue) in Brazil.



The network analysis indicated that the negative perceptions were richer in topics than the positive ones (Figure 2). The negative perceptions' central features were fire, deforestation, destruction, changes, frequency, and species (losses). Peripherally, we noted some impacts of fire and land use, such as livestock, and how they affect the water resources and the fauna. Interestingly, there was a cluster of features (centered in the feature "due") that were related to the socioeconomic system, such as "project," "specul—speculation," "urban," "growth," and "mine." We also noticed a cluster related to a pessimistic view (centered in the feature "high"), highlighting the features "imposs—impossible," "rate," "devalu—devalue," "convers—conversion," and "restor—restore"; and a disconnection between the importance of Cerrado with the population (centered in the feature "cerrado"). Regarding the positive

The Naïve Bayes models successfully classified the groups (rural people and environmental specialists) based on the features used in negative (classification error rate = 0.823, 95% CI = 0.726 - 0.898, $P < 0.001$) and positive perceptions (classification error rate = 0.901, 95% CI = 0.829 - 0.960, $P = 0.013$). However, the models had poor predictive accuracy for some negative (39.47%) and positive (19.51%) perceptions from environmental specialists. Features associated with deforestation and land use occurred in both groups. However, rural interviewees used more words related to the dry conditions in Cerrado, while specialists used more technical terms, such as “agriculture,” “biome,” and “species”. Rural interviewees used more positive words associated with fruits or direct uses. In contrast, environmental specialists often used the biodiversity, water resources, and regional/national/global importance of the biome and ecosystem. Both groups also cited some resilient characteristics to fires and droughts (Figure 3).

Figure 3. Word associations with rural people and environmental specialists of Cerrado's perceptions from rural people and environmental specialists in Brazil predicted by Bernoulli Naïve Bayes models.



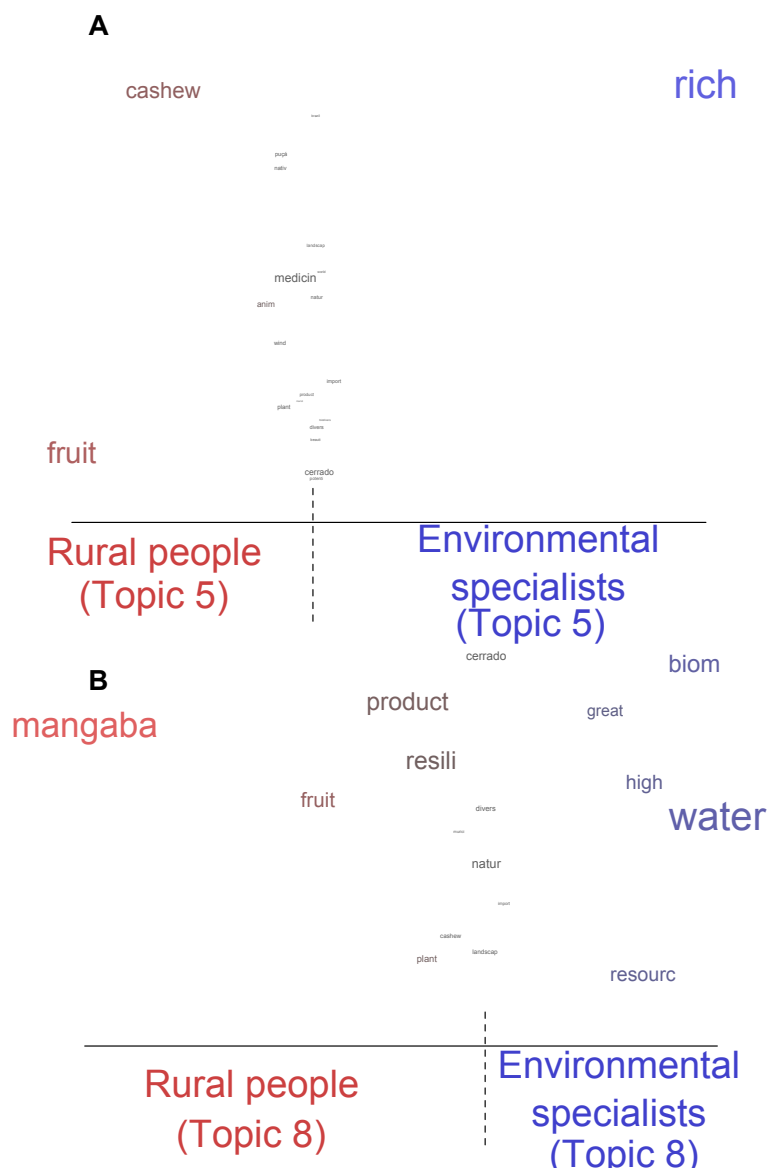
The STMs identified 13 topics related to negative perceptions and eight topics related to positive perceptions (Table 1). We found no significant differences in the words' prevalence among the topics in the negative perceptions. However, two topics differed in words' prevalence in the positive perceptions. In topic 5, rural people cited more fruits (fruit and cashew), while environmental specialists emphasized the richness of species. In topic 8, rural people again mentioned fruits (fruit and "mangaba"—the fruit of *Hancornia speciosa*) but also resilience and products. At the same time, environmental specialists cited the high quantity of resources ("resourc—resource" and water) in the biome (Figure 4).

Table 1. Topics identified by structural topic models related to Cerrado's negative and positive perceptions from rural people and environmental specialists in Brazil and respective tests in words' prevalence in each topic. We highlighted with bold letters the topics with significant differences between the groups.

Negative perception topics	t	P
Topic 1: arid, low	-0.884	0.380
Topic 2: event	0.387	0.700
Topic 3: extrem—extreme	0.439	0.662
Topic 4: soy, differ, earth, heat, end, deforest, agrosilvopastor—agrosilvopastoral, sprawl, practic—practice, suppress, veget—vegetation, devalu—devalue, compar—compare(d)	0.113	0.910
Topic 5: legal	0.312	0.756
Topic 6: especi—especially, fuel, june, octob—October, peak, tocantin—Tocantins, drought, monocultur—monoculture	-0.226	0.822
Topic 7: protect	0.210	0.834
Topic 8: inhabit, near, risk, suffer, area, destruct, last, run, weather, cigarett—cigarette, temperatur—temperature, work	-0.288	0.774
Topic 9: cerrado, academia, connect, essenti—essential, general, light, negat—negative, mechan—mechanic, plantat—plantation, limeston—limestone, fire	-0.656	0.514
Topic 10: be, consequ—consequence, desertif, —desertification food, savann—savanna, regul—regulation, specif—specific, eat, kill, manioc, starv—starve, snake	0.001	1.000
Topic 11: acid, assist, technic, correct, cost, livestock, aluminum, concentr—concentration	-0.220	0.826
Topic 12: fauna, author, center, destroy, die, everi—every, flora, better, explor—explore	-0.238	0.812
Topic 13: reduct—reduction, advanc—advance, extens—extensive, influenc—influence, occurr—occurrence, origin	0.774	0.441
Positive perception topics	t	P
Topic 1: biodivers—biodiversity, hold, pequi	-0.046	0.963
Topic 2: biodivers—biodiversity, lack, pequi	-0.117	0.907

Topic 3: biodivers—biodiversity, longer, pequi	-0.346	0.730
Topic 4: clear, rain, thunder, comfort, place, vantag—vantage, advantag—advantage, savanna, ecosystem, import, world, cerrado, birthplac—birthplace, regul—regulate	1.534	0.129
Topic 5: cashew, wind, nativ—native, puçá, anim—animal, rich, asset, bio, input, lot	-2.118	0.037
Topic 6: regrowth, post, burn, fast, abil—ability, mani—manipulate, power, fire, flora, resist	0.186	0.853
Topic 7: biodivers—biodiversity, shade, pequi	-0.232	0.817
Topic 8: mangaba, resourc—resource, biom—biome, great, high, water, compar—compare(d), effici—efficient	2.270	0.026

Figure 4. Word’s prevalence from topics five and eight identified by Structural Topic Models related to Cerrado’s positive perceptions in Brazil. The size and color of words are proportional to the word’s prevalence in each group.



Discussion

In this study, we used semiautomated content analyses to explore the differences between rural people and environmental specialists in their perceptions of the Cerrado. Despite their different vocabularies, as indicated by the NB models, the topics related to Cerrado's negative perceptions did not vary between the groups. However, the positive perceptions were strikingly different between the groups. Rural people tended to perceive more practical benefits, mainly edible fruits. At the same time, environmental specialists cited various ecosystem services (also utilitarian) and emphasized the importance of biodiversity and water resources. It is interesting to notice the dichotomy in Cerrado's water perception. Despite specialists highlighting the high quantity of water resources and the importance of vegetation for the water cycle (Klink *et al.* 2020; Latrubesse *et al.* 2019), rural people perceived an environment with water scarcity because of the highly seasonal rainfall. This difference may derive from the distinct demands between urban and rural areas. First, urban areas have more planned and established water supply than rural areas (Garfi *et al.* 2011; Green *et al.* 2017). Second, agriculture and livestock demand much more water quantity than urban people (Chaplin-Kramer *et al.* 2019). Therefore, rural people tend to suffer more from rain seasonality than urban people. However, misplaced perceptions about water scarcity in Cerrado may come from deeper-rooted information through formal and informal education in the early ages of life (Bizerril 2004).

In their negative perceptions, rural residents and environmental specialists identified the main threats to Cerrado conservation, such as deforestation and fires. Although fire is a natural factor in open savannas like Cerrado, humans intensify fire regimes by changing their seasonal patterns (Bowman *et al.* 2011; Bowman *et al.* 2020; Enright and Thomas 2008; Fidelis *et al.* 2018). Humans use fire for various reasons, such as resprouting pastures, hunting, and clearing trails and surroundings (Bowman *et al.* 2020; Mistry *et al.* 2005; Pivello 2011). However, fire is also linked to deforestation because it is used to clear native vegetation for other land uses (Cochrane and Barber 2009; Moreira de Araújo *et al.* 2012; Ward *et al.* 1992). Therefore, rural people and environmentalists perceive fire negatively despite its function in maintaining the structure of the Cerrado vegetation. The use of fire is prohibited (permitted only in exceptional cases in protected areas and private areas, with special licenses) in Brazil, and it is negatively associated with destruction and sterile environments after the passage of fire in the media and by governmental agencies (Moura *et al.* 2019). This scenario of criminalization in the use of fire may drive this negative perception in people. However, some participants (rural people and specialists) acknowledged Cerrado's regenerative and resilient characteristics in an optimistic view. Thus, converging these perceptions into policies and regulations is increasingly necessary to build more sustainable fire regimes (Bowman *et al.* 2013; Pivello *et al.* 2021; Roos *et al.* 2014).

One crucial result we found is the lack of positive perceptions about Cerrado's fauna by the rural residents. Cerrado has one of the most biodiverse and unique faunas in the world (Azevedo *et al.* 2016; Cardoso Da Silva and Bates 2002), but it is undervalued compared to forested regions, such as the Amazon and Atlantic rainforests (Lahsen *et al.* 2016; Overbeck *et al.* 2015). This pattern is a trend in many open ecosystems worldwide (Buisson *et al.* 2020; Lehmann and Parr 2016). Again, this misperception may derive from early education and a preference by the media towards forests, in general (Bizerril 2004). Rural people also mentioned (venomous) snakes and other animals as negative characteristics because of possible accidents and crop losses, reinforcing the negative perception of animals (Olson and Pilliod 2022; Pooley *et al.* 2021; Whitehouse-Tedd *et al.* 2021). However, some

people linked these human-animal interactions with deforestation (habitat loss), attributed to farmers and landowners. This perception agrees with other studies which measured increased human-animal interactions in more anthropized areas (Pooley et al. 2021).

Our results also reveal the causes of the environmental changes the participants perceived to occur in Cerrado. Some people cited livestock, agriculture, mines, urban growth, land speculation, and commerce as some drivers of these changes. Some interviewees also linked to governmental responsibilities, mainly the states and municipalities, to increase surveillance and regulatory actions. Therefore, the participants perceive there are direct and indirect responsibilities for the environmental changes, with the socioeconomic and political systems dictating many farming and environmental policies and regulations in Cerrado. Environmental specialists' negative discourse on agriculture also emphasizes the need to identify the real responsibilities to achieve environmental justice (Esteves et al. 2012; Kopnina 2016; 2018). The leading cause of deforestation in the Cerrado savannas nowadays is the large-scale agribusiness (also cited by the environmentalists) that produces grains as an international commodity to export to other countries (Aragão et al. 2022; De Alban et al. 2021; Dobrovolski et al. 2011; Metzger et al. 2019). Thus, blaming agriculture may create injustices for small, local, or more sustainable farmers (Iverson et al. 2019; Perfecto and Vandermeer 2008; Pinheiro and Hunt 2020).

We also identified environmental specialists' concerns to mention Cerrado's importance on regional, national, and global scales. They highlighted many ecosystem services provided by the Cerrado, such as water resources, tourism, and by-products (Resende et al. 2019; Resende et al. 2017). However, rural people probably lacked this knowledge (Bizerril 2004; Ferreira and Freire 2009; Lahsen et al. 2016) and cited more quotidian uses of Cerrado biodiversity, mainly edible fruits (Silva et al. 2017). The perceptions of rural people also reveal an anthropocentric and utilitarian view of Cerrado's qualities. These results emphasize the need to increase the public's knowledge of the large-scale importance of Cerrado and the ethical concerns to conserve the unique (endemic) species in formal education and through the media and environmental education activities (Bizerril 2004; Gomes et al. 2019; Lima and Bastos 2019). Emotions make a significant part of people's perceptions and attitudes (Gosal et al. 2018; Iared et al. 2017; Pooley et al. 2021), so if more people were sensitized to conserve the Cerrado, we could expect higher participation and mobilization by society to make conservation more effective.

Conclusion

To our knowledge, this is the first study comparing rural residents' perceptions with environmental specialists in a biodiversity hotspot. We found a knowledge gap between academia and society about Cerrado's positive qualities. The environmental specialists also identified this gap and highlighted the lack of connection between the population and Cerrado's importance. Knowing and understanding these gaps is essential to plan and elaborate policies, regulations, and actions of environmental education transversally in schools, protected areas, and institutions (Christie et al. 2020; Cortés-Capano et al. 2020; Dobrovolski et al. 2018). We must demystify the perception of an arid region and poor in terms of resources and biodiversity if we aim to increase society's participation and awareness of Cerrado conservation (Bizerril 2004). We found that the avenue to value resilience and its diversity in formal and informal education may be critical to change these perceptions and attitudes (Zmigrod et al. 2021). Academia may also be essential in advocating these issues in outreach activities and social

and professional media (Steger et al. 2021). These results and recommendations may apply to other neglected open ecosystems worldwide, where social conflicts and different tradeoffs in conservation planning are common (Adams et al. 2017; Kiatkoski Kim et al. 2021; Kremen and Merenlender 2018). We expect educators, researchers, and stakeholders from all disciplines to read this message and act to promote changes if we want future generations to know the intrinsic values of the Cerrado, not only from books and past narratives.

Acknowledgments

HCS thanks the drivers Geremias, João Batista, Marcos, and the tremendous support from Raquel Acácio for performing the surveys. We thank the Tocantins Federal University for supporting and providing transport for the surveys in the rural areas. HCS thanks the scholarship from Coordination of Superior Level Staff Improvement (CAPES) [grant number 88887.484511/2020-00]. All authors thank the valuable contributions to the study development from the professors of the Environmental Sciences Post-Graduation Program (PPGCIAMB) and the interviewees for participating in the study.

Authors' contributions: HCS - Conceptualization, Data curation, Formal analysis, Investigation, Methodology, Project administration, Software, Visualization, Writing–Original draft preparation, Writing–Review and Editing; GRC - Software, Supervision, Validation, Writing–Review and Editing; AM - Funding acquisition, Resources, Supervision, Writing–Review and Editing.

Ethical approval: All procedures performed in this study involving human participants were in accordance with the ethical standards and legislation of the Research Ethics Committees (CEP) from the Federal University of Tocantins (Universidade Federal do Tocantins – UFT) and National Research Ethics Commission (Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP). The protocol of the Ethical Appreciation Presentation Certificate (Certificado de Apresentação de Apreciação Ética – CAAE) has the number 45041921.6.0000.5519 and the approval recommendation document has the number 4.799.043. Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.

Data availability: R code and data can be accessed at <https://github.com/HeitorCSousa/CerradoPerception/tree/main>. Funding: Scholarship from Coordination of Superior Level Staff Improvement (CAPES) [grant number 88887.484511/2020-00].

Conflict of Interests: The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- Adams VM, Álvarez-Romero JG, Capon SJ, Crowley GM, Dale AP, Kennard MJ, Douglas MM, Pressey RL. 2017. Making time for space: The critical role of spatial planning in adapting natural resource management to climate change. *Environmental Science and Policy*, 74(July): 57-67. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.05.003>.
- Adams VM, Barnes M, Pressey RL. 2019. Shortfalls in Conservation Evidence: Moving from Ecological Effects of Interventions to Policy Evaluation. *One Earth*, 1(1): 62-75. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.08.017>.
- Alencar A, Shimbo JZ, Lenti F, Marques CB, Zimbres B, Rosa M, Arruda V, Castro I, Ribeiro JPFM, Varela V, Alencar I, Piontekowski V, Ribeiro V, Bustamante MMC, Sano EE, Barroso M. 2020. Mapping three decades of changes in the brazilian savanna native vegetation using landsat data processed in the google earth engine platform. *Remote Sensing*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/rs12060924>.
- Aragão RBdA, Bastos Lima MG, Burns GL, Ross H. 2022. To clear or not to clear: Unpacking soy farmers' decision-making on deforestation in Brazil's Cerrado. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.942207>.

- Aycrigg JL, McCarley TR, Belote RT, Martinuzzi S. 2022. Wilderness areas in a changing landscape: changes in land use, land cover, and climate. *Ecological Applications*, 32(1): e02471. <https://doi.org/10.1002/eap.2471>.
- Azevedo JAR, Valdujo PH, de C. Nogueira C. 2016. Biogeography of anurans and squamates in the Cerrado hotspot: coincident endemism patterns in the richest and most impacted savanna on the globe. *Journal of Biogeography*, 43(12): 2454-2464. <https://doi.org/10.1111/jbi.12803>.
- Beckmann M, Gerstner K, Akin-Fajiyi M, Ceaşu S, Kambach S, Kinlock NL, Phillips HRP, Verhagen W, Gurevitch J, Klotz S, Newbold T, Verburg PH, Winter M, Seppelt R. 2019. Conventional land-use intensification reduces species richness and increases production: A global meta-analysis. *Global Change Biology*, 25(6): 1941-1956. <https://doi.org/10.1111/gcb.14606>.
- Bellard C, Leclerc C, Leroy B, Bakkenes M, Veloz S, Thuiller W, Courchamp F. 2014. Vulnerability of biodiversity hotspots to global change. *Global Ecology and Biogeography*, 23(12): 1376-1386. <https://doi.org/10.1111/geb.12228>.
- Bennett NJ. 2016. Using perceptions as evidence to improve conservation and environmental management. *Conservation Biology*, 30(3): 582-592. <https://doi.org/10.1111/cobi.12681>.
- Bennett NJ, Roth R. 2015. *The conservation social sciences: What?, How? and Why?* Vancouver, BC: University of British Columbia. <https://doi.org/doi:10.1111/j.1523-1739.2006.00595.x>
- Bennett NJ, Roth R, Klain SC, Chan KMA, Clark DA, Cullman G, Epstein G, Nelson MP, Stedman R, Teel TL, Thomas REW, Wyborn C, Curran D, Greenberg A, Sandlos J, Verissimo D. 2016. Mainstreaming the social sciences in conservation. *Conservation Biology*, 31(1): 56-66. <https://doi.org/10.1111/cobi.12788>.
- Benoit K, Watanabe K, Wang H, Nulty P, Obeng A, Müller S, Matsuo A. 2018. *quanteda*: An R package for the quantitative analysis of textual data. *Journal of Open Source Software*, 3(30): 774. <https://doi.org/10.21105/joss.00774>.
- Bizerril MXA. 2004. Children's perceptions of Brazilian Cerrado landscapes and biodiversity. *The Journal of Environmental Education*, 35(4): 47-58. <https://doi.org/10.3200/joee.35.4.47-58>.
- Bowman DM, Balch J, Artaxo P, Bond WJ, Cochrane MA, D'Antonio CM, Defries R, Johnston FH, Keeley JE, Krawchuk MA, Kull CA, Mack M, Moritz MA, Pyne S, Roos CI, Scott AC, Sodhi NS, Swetnam TW, Whittaker R. 2011. The human dimension of fire regimes on Earth. *Journal of Biogeography*, 38(12): 2223-2236. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02595.x>.
- Bowman DMJS, Kolden CA, Abatzoglou JT, Johnston FH, van der Werf GR, Flannigan M. 2020. Vegetation fires in the Anthropocene. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(10): 500-515. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0085-3>.
- Bowman DMJS, O'Brien JA, Goldammer JG. 2013. Pyrogeography and the Global Quest for Sustainable Fire Management. *Annual Review of Environment and Resources*, 38(1): 57-80. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-082212-134049>.
- Buisson E, Fidelis A, Overbeck GE, Schmidt IB, Durigan G, Young TP, Alvarado ST, Arruda AJ, Boisson S, Bond W, Coutinho A, Kirkman K, Oliveira RS, Schmitt MH, Siebert F, Siebert SJ, Thompson DI, Silveira FAO. 2020. A research agenda for the restoration of tropical and subtropical grasslands and savannas. *Restoration Ecology*, 29(S1). <https://doi.org/10.1111/rec.13292>.
- Bustamante MMC, Roitman I, Aide TM, Alencar A, Anderson LO, Aragão L, Asner GP, Barlow J, Berenguer E, Chambers J, Costa MH, Fanin T, Ferreira LG, Ferreira J, Keller M, Magnusson WE, Morales-Barquero L, Morton D, Ometto JPHB, . . . Vieira ICG. 2016. Toward an integrated monitoring framework to assess the effects of tropical forest degradation and recovery on carbon stocks and biodiversity. *Global Change Biology*, 22(1): 92-109. <https://doi.org/10.1111/gcb.13087>.
- Butts CT. 2008. *network*: A Package for Managing Relational Data in R. *Journal of Statistical Software*, 24(2): 1-36. <https://doi.org/10.18637/jss.v024.i02>.
- Cardinale BJ, Gonzalez A, Allington GRH, Loreau M. 2018. Is local biodiversity declining or not? A summary of the debate over analysis of species richness time trends. *Biological Conservation*, 219(December 2017): 175-183. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.12.021>.

- Cardoso Da Silva JM, Bates JM. 2002. Biogeographic Patterns and Conservation in the South American Cerrado: A Tropical Savanna Hotspot. *BioScience*, 52(3): 225-225. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0225:Bpacit\]2.0.Co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0225:Bpacit]2.0.Co;2).
- Ceballos G, Ehrlich PR, Raven PH. 2020. Vertebrates on the brink as indicators of biological annihilation and the sixth mass extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(24): 13596-13602. <https://doi.org/10.1073/pnas.1922686117>.
- Chaplin-Kramer R, Sharp RP, Weil C, Bennett EM, Pascual U, Arkema KK, Brauman KA, Bryant BP, Guerry AD, Haddad NM, Hamann M, Hamel P, Johnson JA, Mandle L, Pereira HM, Polasky S, Ruckelshaus M, Shaw MR, Silver JM, . . . Daily GC. 2019. Global modeling of nature's contributions to people. *Science*, 366(6462): 255-258. <https://doi.org/10.1126/science.aaw3372>.
- Chazdon RL. 2019. Towards more effective integration of tropical forest restoration and conservation. *Biotropica*, 51(4): 463-472. <https://doi.org/10.1111/btp.12678>.
- Christie AP, Abecasis D, Adjeroud M, Alonso JC, Amano T, Anton A, Baldigo BP, Barrientos R, Bicknell JE, Buhl DA, Cebrian J, Ceia RS, Cibils-Martina L, Clarke S, Claudet J, Craig MD, Davoult D, De Backer A, Donovan MK, . . . Sutherland WJ. 2020. Quantifying and addressing the prevalence and bias of study designs in the environmental and social sciences. *Nature Communications*, 11(1): 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20142-y>.
- Cochrane MA, Barber CP. 2009. Climate change, human land use and future fires in the Amazon. *Global Change Biology*, 15(3): 601-612. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01786.x>.
- Colli GR, Vieira CR, Dianese JC. 2020. Biodiversity and conservation of the Cerrado: recent advances and old challenges. *Biodiversity and Conservation*, 29(5): 1465-1475. <https://doi.org/10.1007/s10531-020-01967-x>.
- Cortés-Capano G, Toivonen T, Soutullo A, Fernández A, Dimitriadis C, Garibotto-Carton G, Di Minin E, Aiyadurai A. 2020. Exploring landowners' perceptions, motivations and needs for voluntary conservation in a cultural landscape. *People and Nature*, 2(3): 840-855. <https://doi.org/10.1002/pan3.10122>.
- De Alban JDT, Leong BPI, Venegas-Li R, Connette GM, Jamaludin J, Latt KT, Oswald P, Reeder C, Webb EL. 2021. Conservation beyond the existing protected area network is required to improve species and habitat representation in a global biodiversity hotspot. *Biological Conservation*, 257(March). <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109105>.
- Dinerstein E, Olson D, Joshi A, Vynne C, Burgess ND, Wikramanayake E, Hahn N, Palminteri S, Hedao P, Noss R, Hansen M, Locke H, Ellis EC, Jones B, Barber CV, Hayes R, Kormos C, Martin V, Crist E, . . . Saleem M. 2017. An Ecoregion-Based Approach to Protecting Half the Terrestrial Realm. *BioScience*, 67(6): 534-545. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix014>.
- Dirzo R, Young HS, Galetti M, Ceballos G, Isaac NJ, Collen B. 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345(6195): 401-406. <https://doi.org/10.1126/science.1251817>.
- Dobrovolski R, Loyola R, Rattis L, Gouveia SF, Cardoso D, Santos-Silva R, Gonçalves-Souza D, Bini LM, Diniz-Filho JAF. 2018. Science and democracy must orientate Brazil's path to sustainability. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 16(3): 121-124. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.06.005>.
- Dobrovolski R, Loyola RD, Marco Júnior PD, Diniz-Filho JAF. 2011. Agricultural Expansion Can Menace Brazilian Protected Areas During the 21st Century. *Natureza & Conservação*, 9(2): 208-213. <https://doi.org/10.4322/natcon.2011.027>.
- Ducarme F, Flipo F, Couvet D. 2020. How the diversity of human concepts of nature affects conservation of biodiversity. *Conservation Biology*, 35(3): 1019-1028. <https://doi.org/10.1111/cobi.13639>.
- Eiten G. 1972. The Cerrado Vegetation of Brazil. *Botanical Review*, 38(2): 201-341.
- Enright NJ, Thomas I. 2008. Pre-European fire regimes in Australian ecosystems. *Geography Compass*, 2(4): 979-1011. <https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2008.00126.x>.
- Esteves AM, Franks D, Vanclay F. 2012. Social impact assessment: The state of the art. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 30(1): 34-42. <https://doi.org/10.1080/14615517.2012.660356>.

- Ferreira MNE, Freire NC. 2009. Community perceptions of four protected areas in the Northern portion of the Cerrado hotspot, Brazil. *Environmental Conservation*, 36(2): 129-138. <https://doi.org/10.1017/s0376892909990166>.
- Fidelis A, Alvarado S, Barradas A, Pivello V. 2018. The Year 2017: Megafires and Management in the Cerrado. *Fire*, 1(3): 49-49. <https://doi.org/10.3390/fire1030049>.
- Fitzgerald LA, Stronza AL. 2009. Applied biodiversity science: Bridging ecology, culture, and governance for effective conservation. *Interciencia*, 34(8): 563-570.
- Françoso RD, Dexter KG, Machado RB, Pennington RT, Pinto JRR, Brandão RA, Ratter JA. 2019. Delimiting floristic biogeographic districts in the Cerrado and assessing their conservation status. *Biodiversity and Conservation*, 29(5): 1477-1500. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01819-3>.
- Furley PA. 1999. The Nature and Diversity of Neotropical Savanna Vegetation with Particular Reference to the Brazilian cerrados. *Global Ecology and Biogeography*, 8(3): 223-241.
- Garfi M, Ferrer-Martí L, Bonoli A, Tondelli S. 2011. Multi-criteria analysis for improving strategic environmental assessment of water programmes. A case study in semi-arid region of Brazil. *Journal of Environmental Management*, 92(3): 665-675. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.10.007>.
- Gomes MAA, Goncalves TV, Teresa FB, da Cunha HF, Lima FP, Nabout JC. 2019. High school students' knowledge of endangered fauna in the Brazilian Cerrado: A cross-species and spatial analysis. *PLoS One*, 14(4): e0215959. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215959>.
- Gosal AS, Newton AC, Gillingham PK. 2018. Comparison of methods for a landscape-scale assessment of the cultural ecosystem services associated with different habitats. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 14(1): 91-104. <https://doi.org/10.1080/21513732.2018.1447016>.
- Green JMH, Cranston GR, Sutherland WJ, Tranter HR, Bell SJ, Benton TG, Blixt E, Bowe C, Broadley S, Brown A, Brown C, Burns N, Butler D, Collins H, Crowley H, DeKoszmovszky J, Firbank LG, Fulford B, Gardner TA, . . . Vira B. 2017. Research priorities for managing the impacts and dependencies of business upon food, energy, water and the environment. *Sustainability Science*, 12(2): 319-331. <https://doi.org/10.1007/s11625-016-0402-4>.
- Iared VG, Oliveira HTd, Reid A. 2017. Aesthetic experiences in the Cerrado (Brazilian savanna): contributions to environmental education practice and research. *Environmental Education Research*, 23(9): 1273-1290. <https://doi.org/10.1080/13504622.2017.1312290>.
- Iverson AL, Gonthier DJ, Pak D, Ennis KK, Burnham RJ, Perfecto I, Ramos Rodriguez M, Vandermeer JH. 2019. A multifunctional approach for achieving simultaneous biodiversity conservation and farmer livelihood in coffee agroecosystems. *Biological Conservation*, 238(July): 108179-108179. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.07.024>.
- Johan R, W.L S, Kevin N, Persson Å, F.Stuart C, III. 2009. Planetary Boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, 14(2): 81-87. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>.
- Jurafsky D, Martin JH. 2018. Naive Bayes. In *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition*. <https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3/>
- Kiatkoski Kim M, Álvarez-Romero JG, Wallace K, Pannell D, Hill R, Adams VM, Douglas M, Pressey RL. 2021. Participatory multi-stakeholder assessment of alternative development scenarios in contested landscapes. *Sustainability Science*, 17(1): 221-241. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-01056-0>.
- Klink CA, Machado RB. 2005. Conservation of the Brazilian Cerrado. *Conservation Biology*, 19(3): 707-713. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00702.x>.
- Klink CA, Sato MN, Cordeiro GG, Ramos MIM. 2020. The role of vegetation on the dynamics of water and fire in the cerrado ecosystems: Implications for management and conservation. *Plants*, 9(12): 1-27. <https://doi.org/10.3390/plants9121803>.

- Kopnina H. 2016. Half the earth for people (or more)? Addressing ethical questions in conservation. *Biological Conservation*, 203: 176-185. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.019>.
- Kopnina H. 2018. Just Conservation. In *Handbook of Engaged Sustainability* (pp. 1-20). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-53121-2_5-1.
- Kremen C, Merenlender AM. 2018. Landscapes that work for biodiversity and people. *Science*, 362(6412). <https://doi.org/10.1126/science.aau6020>.
- Lahsen M, Bustamante MMC, Dalla-Nora EL. 2016. Undervaluing and overexploiting the Brazilian Cerrado at our peril. *Environment*, 58(6): 4-15. <https://doi.org/10.1080/00139157.2016.1229537>.
- Latrubesse EM, Arima E, Ferreira ME, Nogueira SH, Wittmann F, Dias MS, Dagosta FCP, Bayer M. 2019. Fostering water resource governance and conservation in the Brazilian Cerrado biome. *Conservation Science and Practice*, 1(9). <https://doi.org/10.1111/csp2.77>.
- Lehmann CE, Parr CL. 2016. Tropical grassy biomes: linking ecology, human use and conservation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1703). <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0329>.
- Lima FP, Bastos RP. 2019. Perceiving the invisible: Formal education affects the perception of ecosystem services provided by native areas. *Ecosystem Services*, 40. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.101029>.
- Macura B, Secco L, Pullin AS. 2015. What evidence exists on the impact of governance type on the conservation effectiveness of forest protected areas? Knowledge base and evidence gaps. *Environmental Evidence*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s13750-015-0051-6>.
- Manning CD, Raghavan P, Schütze H. 2008. An introduction to information retrieval. In. Cambridge University Press. <https://nlp.stanford.edu/IR-book/pdf/irbookonlinereading.pdf>
- Metzger JP, Bustamante MMC, Ferreira J, Fernandes GW, Librán-Embí F, Pillar VD, Prist PR, Rodrigues RR, Vieira ICG, Overbeck GE. 2019. Why Brazil needs its Legal Reserves. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 17(3): 91-103. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.07.002>.
- Mistry J, Berardi A, Andrade V, Krahô T, Krahô P, Leonardos O. 2005. Indigenous fire management in the cerrado of Brazil: The case of the Krahô of Tocantins. *Human Ecology*, 33(3): 365-386. <https://doi.org/10.1007/s10745-005-4143-8>.
- Mittermeier RA, Myers N, Thomsen JB, da Fonseca GAB, Olivieri S. 1998. Biodiversity Hotspots and Major Tropical Wilderness Areas: Approaches to Setting Conservation Priorities. *Conservation Biology*, 12(3): 516-520. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1998.012003516.x>.
- Moreira de Araújo F, Ferreira LG, Arantes AE. 2012. Distribution Patterns of Burned Areas in the Brazilian Biomes: An Analysis Based on Satellite Data for the 2002–2010 Period. *Remote Sensing*, 4(7): 1929-1946. <https://doi.org/10.3390/rs4071929>.
- Moura LC, Scariot AO, Schmidt IB, Beatty R, Russell-Smith J. 2019. The legacy of colonial fire management policies on traditional livelihoods and ecological sustainability in savannas: Impacts, consequences, new directions. *Journal of Environmental Management*, 232(November 2018): 600-606. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.057>.
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GAB, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772): 853-858. <https://doi.org/10.1038/35002501>.
- Newbold T, Hudson LN, Arnell AP, Contu S, Palma AD, Ferrier S, Hill SLL, Hoskins AJ, Lysenko I, Phillips HRP, Burton VJ, Chng CWT, Emerson S, Gao D, Pask-hale G, Hutton J, Jung M, Sanchez-ortiz K, Simmons BI, . . . Zhang H. 2016. Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond planetary boundary? A global assessment. *Science*, 353(6296): 288-291.
- Olson DH, Pilliod DS. 2022. Elevating human dimensions of amphibian and reptile conservation, a USA perspective. *Conservation Science and Practice*, 4(6). <https://doi.org/10.1111/csp2.12685>.

- Overbeck GE, Vélez-Martin E, Scarano FR, Lewinsohn TM, Fonseca CR, Meyer ST, Müller SC, Ceotto P, Dadalt L, Durigan G, Ganade G, Gossner MM, Guadagnin DL, Lorenzen K, Jacobi CM, Weisser WW, Pillar VD, Loyola R. 2015. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. *Diversity and Distributions*, 21(12): 1455-1460. <https://doi.org/10.1111/ddi.12380>.
- Perfecto I, Vandermeer J. 2008. Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: A new conservation paradigm. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134: 173-200. <https://doi.org/10.1196/annals.1439.011>.
- Pinheiro FM, Hunt P. 2020. Biodiverse, productive, and socially just silvopastures: a solution for the Brazilian drylands. *Journal of Botanical Research*, 2(3): 29-40. <https://doi.org/10.30564/jrb.v2i3.2102>.
- Pivello VR. 2011. The use of fire in the cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: Past and present. *Fire Ecology*, 7(1): 24-39. <https://doi.org/10.4996/fireecology.0701024>.
- Pivello VR, Vieira I, Christianini AV, Ribeiro DB, da Silva Menezes L, Berlinck CN, Melo FPL, Marengo JA, Tornquist CG, Tomas WM, Overbeck GE. 2021. Understanding Brazil's catastrophic fires: Causes, consequences and policy needed to prevent future tragedies. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 19(3): 233-255. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.06.005>.
- Pooley S, Bhatia S, Vasava A. 2021. Rethinking the study of human-wildlife coexistence. *Conservation Biology*, 35(3): 784-793. <https://doi.org/10.1111/cobi.13653>.
- Resende FM, Cimon-Morin J, Poulin M, Meyer L, Loyola R. 2019. Consequences of delaying actions for safeguarding ecosystem services in the Brazilian Cerrado. *Biological Conservation*, 234(June): 90-99. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.03.009>.
- Resende FM, Fernandes GW, Andrade DC, Neder HD. 2017. Economic valuation of the ecosystem services provided by a protected area in the Brazilian Cerrado: application of the contingent valuation method. *Brazilian Journal of Biology*, 77(4): 762-773. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.21215>.
- Roberts ME, Stewart BM, Airoidi EM. 2016. A Model of text for experimentation in the social sciences. *Journal of the American Statistical Association*, 111(515): 988-1003. <https://doi.org/10.1080/01621459.2016.1141684>.
- Roberts ME, Stewart BM, Tingley D. 2019. stm: An R Package for Structural Topic Models. *Journal of Statistical Software*, 91(2): 1-40. <https://doi.org/10.18637/jss.v091.i02>.
- Roberts ME, Stewart BM, Tingley D, Lucas C, Leder-Luis J, Gadarian SK, Albertson B, Rand DG. 2014. Structural Topic Models for open-ended survey responses. *American Journal of Political Science*, 58(4): 1064-1082. <https://doi.org/10.1111/ajps.12103>.
- Rockström J, Steffen W, Noone K, Persson A, Chapin FS, Lambin EF, Lenton TM, Scheffer M, Folke C, Schellnhuber HJ, Nykvist B, de Wit CA, Hughes T, van der Leew S, Rodhe H, Sörlin S, Snyder PK, Constanza R, Svedin U, . . . Foley JA. 2009. A safe operating space for humanity. *Nature*, 461(7263): 472-475.
- Rodrigues AA, Macedo MN, Silverio DV, Maracahipes L, Coe MT, Brando PM, Shimbo JZ, Rajao R, Soares-Filho B, Bustamante MMC. 2022. Cerrado deforestation threatens regional climate and water availability for agriculture and ecosystems. *Global Change Biology*, 28(22): 6807-6822. <https://doi.org/10.1111/gcb.16386>.
- Roos CI, Bowman DMJS, Balch JK, Artaxo P, Bond WJ, Cochrane M, D'Antonio CM, DeFries R, Mack M, Johnston FH, Krawchuk MA, Kull CA, Moritz MA, Pyne S, Scott AC, Swetnam TW, Whittaker R. 2014. Pyrogeography, historical ecology, and the human dimensions of fire regimes. *Journal of Biogeography*, 41(4): 833-836. <https://doi.org/10.1111/jbi.12285>.
- Schleicher J, Peres CA, Leader-Williams N. 2019. Conservation performance of tropical protected areas: How important is management? *Conservation Letters*, 12(5): e12650-e12650. <https://doi.org/10.1111/conl.12650>.
- Schüler J, Bustamante MMC. 2022. Spatial planning for restoration in Cerrado: Balancing the trade-offs between conservation and agriculture. *Journal of Applied Ecology*, 59(10): 2616-2626. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14262>.

- Silva TC, Campos LZO, Balée W, Medeiros MFT, Peroni N, Albuquerque UP. 2017. Human impact on the abundance of useful species in a protected area of the Brazilian Cerrado by people perception and biological data. *Landscape Research*, 44(1): 75-87. <https://doi.org/10.1080/01426397.2017.1396304>.
- Steger C, Klein JA, Reid RS, Lavorel S, Tucker C, Hopping KA, Marchant R, Teel T, Cuni-Sanchez A, Dorji T, Greenwood G, Huber R, Kassam K-A, Kreuer D, Nolin A, Russell A, Sharp JL, Šmid Hribar M, Thorn JPR, . . . Waiswa D. 2021. Science with society: Evidence-based guidance for best practices in environmental transdisciplinary work. *Global Environmental Change*, 68(December 2020). <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102240>.
- Sutherland WJ, Adams WM, Aronson RB, Aveling R, Blackburn TM, Broad S, Ceballos G, CÔtÉ IM, Cowling RM, Da Fonseca GAB, Dinerstein E, Ferraro PJ, Fleishman E, Gascon C, Hunter M, Hutton J, Kareiva P, Kuria A, MacDonald DW, . . . Watkinson AR. 2009. One hundred questions of importance to the conservation of global biological diversity. *Conservation Biology*, 23(3): 557-567. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01212.x>.
- Tilman D, Clark M, Williams DR, Kimmel K, Polasky S, Packer C. 2017. Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature*, 546(7656): 73-81. <https://doi.org/10.1038/nature22900>.
- Vucetich JA, Bruskotter JT, van Eeden LM, Macdonald EA. 2021. How scholars prioritize the competing values of conservation and sustainability. *Biological Conservation*, 257(June 2020): 109126-109126. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109126>.
- Ward DE, Susott RA, Kauffman JB, Babbit RE, Cummings DL, Dias B, Holben BN, Kaufman YJ, Rasmussen RA, Setzer AW. 1992. Smoke and Fire Characteristics for Cerrado and Deforestation Burns in Brazil- BASE-B Experiment. *Journal of Geophysical Research*, 97(D13): 14601-14619.
- Whitehouse-Tedd K, Abell J, Dunn AK. 2021. Evaluation of the use of psychometric scales in human-wildlife interaction research to determine attitudes and tolerance toward wildlife. *Conservation Biology*, 35(2): 533-547. <https://doi.org/10.1111/cobi.13599>.
- Whyte A. 1977. *Guidelines for fields studies in environmental perception*. Paris: UNESCO Eolss Publishers.
- Zhao J, Cao Y, Yu L, Liu X, Yang R, Gong P. 2022. Future global conflict risk hotspots between biodiversity conservation and food security: 10 countries and 7 Biodiversity Hotspots. *Global Ecology and Conservation*, 34: e02036. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02036>.
- Zmigrod L, Eisenberg IW, Bissett PG, Robbins TW, Poldrack RA. 2021. The cognitive and perceptual correlates of ideological attitudes: A data-driven approach. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 376(1822): 20200424. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0424>.



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

Atualização da Categorização do Risco de Extinção e Modelagem de Nicho Ecológico da Espécie *Anthurium bromelicola* Mayo & L.P.Félix

Lara Fabian Rodrigues de Jesus^{1*} , Daniel Oliveira Reis¹ , Juliano Ricardo Fabricante¹ 

¹ Universidade Federal de Sergipe (UFS). Av. Ver. Olímpio Grande, S/N- SE, 49510-200.

*Autor para correspondência: lara_fabian1@hotmail.com

Recebido em 07 de março de 2023.

Aceito em 11 de julho de 2023.

Publicado em 31 de agosto de 2023.

Resumo - O táxon *Anthurium bromelicola* Mayo & L.P.Félix está atualmente categorizado como “Quase ameaçado”, contudo, a elevada pressão antrópica sobre seu habitat exige atualização da sua categorização. O presente estudo objetivou realizar a atualização da categorização do risco de extinção de *A. bromelicola* para o Brasil. Além disso, objetivou a realização da modelagem de nicho ecológico para Caatinga e Mata Atlântica nordestina, visando identificar áreas potenciais a sua ocorrência. Foram coletados pontos georreferenciados da espécie nas bases de dados online speciesLink, Global Biodiversity Information Facility (GBIF) e em trabalhos científicos. A recategorização foi realizada através do site Geospatial Coconservation Assessment Tool (GeoCAT). Estes foram utilizados na realização da modelagem de nicho ecológico. As variáveis bioclimáticas de temperatura e precipitação foram obtidas no WorldClim 2.0. A modelagem foi realizada no pacote Biomod2 em ambiente R e o mapa foi confeccionado no software QGIS. A espécie *A. bromelicola* teve sua categorização atualizada para “Em perigo” devido sua área de ocupação de 84 Km² e em razão das condições de conservação das suas localidades de ocorrência. O táxon apresentou alta susceptibilidade de ocorrência em regiões da Bahia, Pernambuco e Alagoas em sítios de Caatinga e Mata Atlântica e em algumas unidades de conservação.

Palavras-chave: Araceae. Em perigo. Nordeste do Brasil.

Update on Extinction Risk Categorization and Ecological Niche Modeling of *Anthurium bromelicola* Mayo & L.P.Félix

Abstract - The taxon *Anthurium bromelicola* Mayo & L.P.Félix is currently categorized as “Near Threatened”; however, the high anthropogenic pressure on its habitat requires an update of its categorization. This study aimed to update the extinction risk categorization of *A. bromelicola* for Brazil. Additionally, it aimed to perform ecological niche modeling for the Caatinga and northeastern Atlantic Forest, in order to identify potential areas of occurrence. Georeferenced points of the species

were collected from online databases such as speciesLink, the Global Biodiversity Information Facility (GBIF), and scientific works. The recategorization was conducted using the Geospatial Conservation Assessment Tool (GeoCAT) website. These data were used in the ecological niche modeling. Bioclimatic variables of temperature and precipitation were obtained from WorldClim 2.0. The modeling was performed using the Biomod2 package in the R environment, and the map was created using the QGIS software. The species *A. bromelicola* has been updated to the “Endangered” category due to its occupancy area of 84 km² and the conditions of its localities. The taxon showed high susceptibility of occurrence in regions of Bahia, Pernambuco, and Alagoas in Caatinga and Atlantic Forest sites, as well as in some conservation units.

Keywords: Araceae. Endangered. Northeast of Brazil.

Atualização sobre Categorização de Risco de Extinção e Modelado de Nicho Ecológico de *Anthurium bromelicola* Mayo & L.P.Félix

Resumen - El taxón *Anthurium bromelicola* Mayo & L.P.Félix está actualmente categorizado como “Casi Amenazado”; sin embargo, la alta presión antropogénica sobre su hábitat requiere una actualización de su categorización. Este estudio tuvo como objetivo actualizar la categorización del riesgo de extinción de *A. bromelicola* para Brasil. Además, se propuso realizar la modelización de nicho ecológico para la Caatinga y la Mata Atlántica nordestina, con el fin de identificar posibles áreas de presencia. Se recolectaron puntos georreferenciados de la especie en bases de datos en línea como speciesLink, la Global Biodiversity Information Facility (GBIF) y trabajos científicos. La recategorización se realizó a través del sitio web Geospatial Conservation Assessment Tool (GeoCAT). Estos datos se utilizaron para la modelización del nicho ecológico. Las variables bioclimáticas de temperatura y precipitación se obtuvieron de WorldClim 2.0. La modelización se realizó utilizando el paquete Biomod2 en el entorno R y el mapa se creó con el software QGIS. La especie *A. bromelicola* ha sido actualizada a la categoría “En Peligro” debido a su área de ocupación de 84 km² y a las condiciones de sus localidades. El taxón presentó una alta susceptibilidad de presencia en regiones de Bahía, Pernambuco y Alagoas en sitios de Caatinga y Mata Atlántica, así como en algunas unidades de conservación.

Palabras clave: Araceae. Amenazada. Nordeste de Brasil.

Introdução

O Brasil apresenta a flora mais rica em espécies do mundo com cerca de 36.400 plantas terrestres (Martins et al. 2018; MMA, 2022). Muitas delas estão ameaçadas em razão das atividades humanas (Loyola et al. 2018). Dentre essas espécies está *Anthurium bromelicola* Mayo & L.P.Félix (Araceae). O táxon em questão é uma epífita que se desenvolve em tanques de bromélias (Paula et al. 2019; Pimenta et al. 2021), especialmente dos gêneros *Aechmea* Ruiz & Pav. e *Hohenbergia* Schult. & Schult.f. (Mayo

et al. 2000). Endêmica da Mata Atlântica nordestina e da Caatinga (CNCflora 2012; Coelho et al. 2015), está categorizada atualmente como “Quase ameaçada” (CNCflora 2012).

Devido a sua distribuição restrita, sua dependência de outras espécies e das condições de conservação das suas localidades de ocorrência (ver CNCflora, 2012; Lino & Dias, 2014; Pimentel et al. 2021), uma reavaliação do risco de extinção da espécie torna-se necessária. Adicionalmente, apontar áreas susceptíveis para sua ocorrência também é extremamente importante, uma vez que, pode representar um importante subsídio para futuros projetos que visem a conservação de *Anthurium bromelicola*.

Assim, o presente estudo objetivou atualizar o status de conservação da espécie *Anthurium bromelicola* e mapear áreas com maior adequabilidade ambiental para a ocorrência da espécie.

Material e métodos

Coleta dos dados

Inicialmente foram coletados pontos de ocorrência georreferenciados da espécie estudada nas bases de dados online Global Biodiversity Information Facility GBIF (GBIF 2023), Specieslink (Specieslink 2023) e em trabalhos científicos (artigos, dissertações, teses, etc.). No total foram reunidos 32 pontos, dos quais, após o processo de limpeza e organização, foram utilizados 25 para a realização das análises descritas a seguir.

Categorização do risco de extinção

Os pontos coletados foram exportados para o site Geospatial Coconservation Assessment Tool (GeoCAT) (Bachman, 2011). No site foi traçado um polígono, respeitando o princípio do mínimo polígono convexo, que em seguida foi gradeado com células de 4 Km². Por fim, para o conhecimento da área de ocupação (AOO) da espécie, o número de células ocupadas foi contabilizado. Para a complementação da análise, foram realizadas inferências sobre as condições de conservação das localidades de ocorrência da espécie. Para isso, foram adquiridos rasters de uso e ocupação do solo do Projeto MapBiomas (2023) para o ano mais recente disponível (2021). Adicionalmente, também foram obtidos rasters sobre a conversão de terras ocorrida entre os anos de 2012 e 2021. Os rasters foram posteriormente exportados para o software QGIS (QGIS 2023) junto dos pontos de ocorrência da espécie.

Todo o processo de categorização seguiu as normas, critérios e subcritérios estabelecidos pela International Union for Conservation of Nature's (IUCN 2022).

Modelagem de nicho climático

As variáveis bioclimáticas utilizadas para a análise foram obtidas no WorldClim 2.0 (Fick e Hijmans 2017). Foi realizado a análise de correlação de Spearman e as variáveis que apresentaram uma correlação de 0,7 ou superior foram excluídas, restando assim: Bio 2 (variação diurna média de temperatura), Bio 7 (Amplitude térmica anual), Bio 8 (Temperatura média do trimestre mais úmido), Bio 15 (Sazonalidade da precipitação), Bio 16 (Precipitação do trimestre mais chuvoso), Bio 18 (precipitação do trimestre mais seco) e Bio 19 (precipitação do trimestre mais frio).

Foram utilizados diferentes algoritmos para estimar a distribuição potencial da espécie estudada: Maximum Entropy (MaxEnt) (Phillips et al. 2006), Random Forest (RF) (Liaw e Wiener 2002), Generalized Additive Models (GAM) e GLM (Guisan et al. 2002). Esses algoritmos foram selecionados por serem comumente utilizados em estudos de modelagem de nicho ecológico de espécies de plantas com poucos pontos de ocorrência (ver Fois et al. 2018), como é o caso do táxon estudado.

O processo de modelagem foi feito utilizando o pacote Biomod2 (Thuiller et al. 2021) em ambiente R (R Core Team 2023). Cada modelo gerado nos diferentes algoritmos foi replicado 10 vezes a partir da divisão dos pontos de ocorrência em 70% treino e 30% teste (Zurell et al. 2020). As avaliações dos modelos foram feitas através das métricas disponíveis no Biomod2: TSS (True Skill Statistic) e ROC (Receiver Operation characteristic).

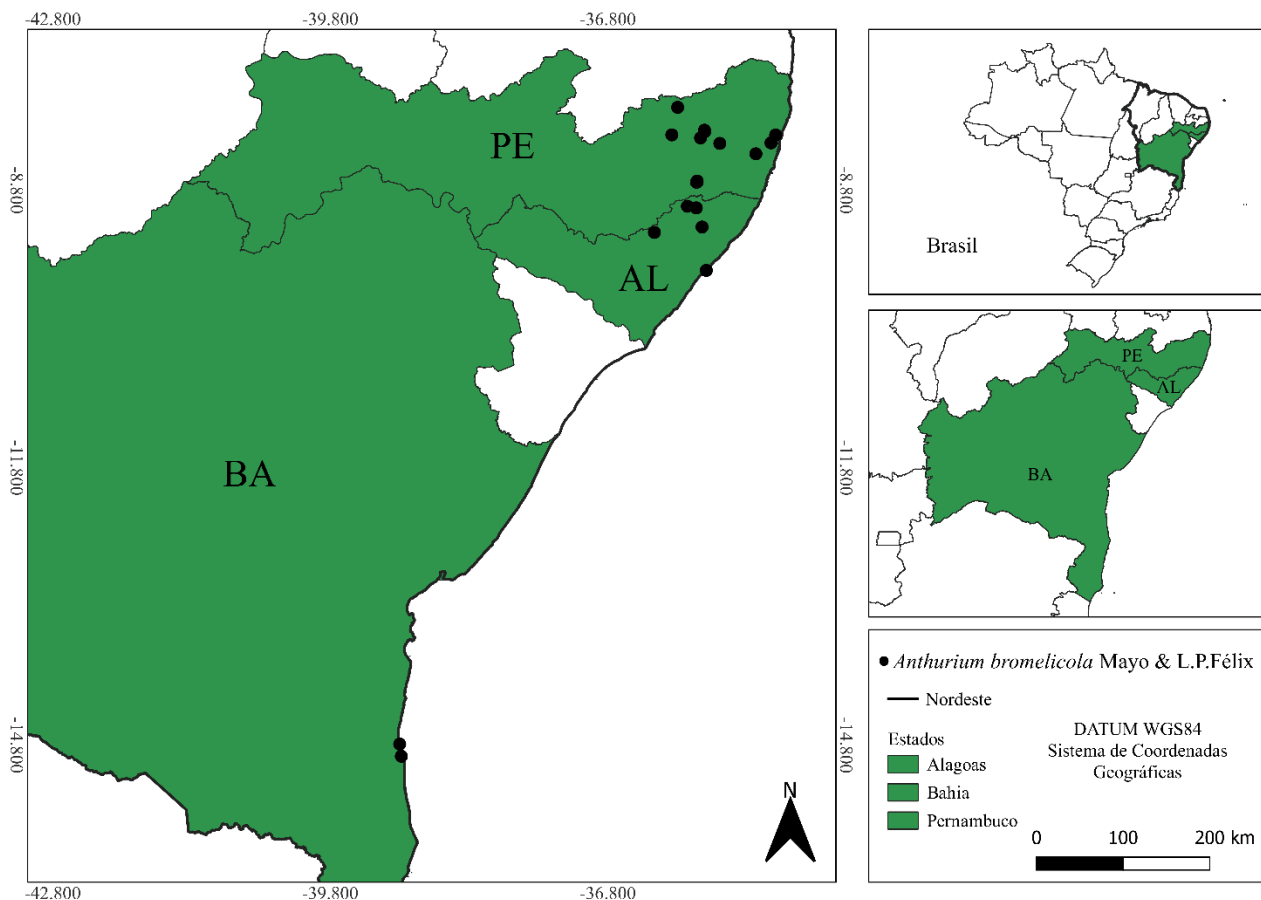
Os valores de TSS, por sua vez, foram utilizados para elaboração do mapa consensual através de uma técnica de “ensemble” (Araújo e New 2007). De maneira geral, os valores de TSS vão de -1 a 1. Quando os modelos apresentam valores negativos ou próximos a zero estes são considerados não diferentes de previsões aleatórias, enquanto que valores próximos a 1 são tidos como muito bons (Allouche et al. 2006).

Por fim, O mapa consensual foi utilizado para calcular a média de adequabilidade de ocorrência nas Unidades de Conservação Federais presentes na área avaliada. Os modelos foram posteriormente exportados para o software QGIS (QGIS 2023) para confecção de seus layouts.

Resultados e discussão

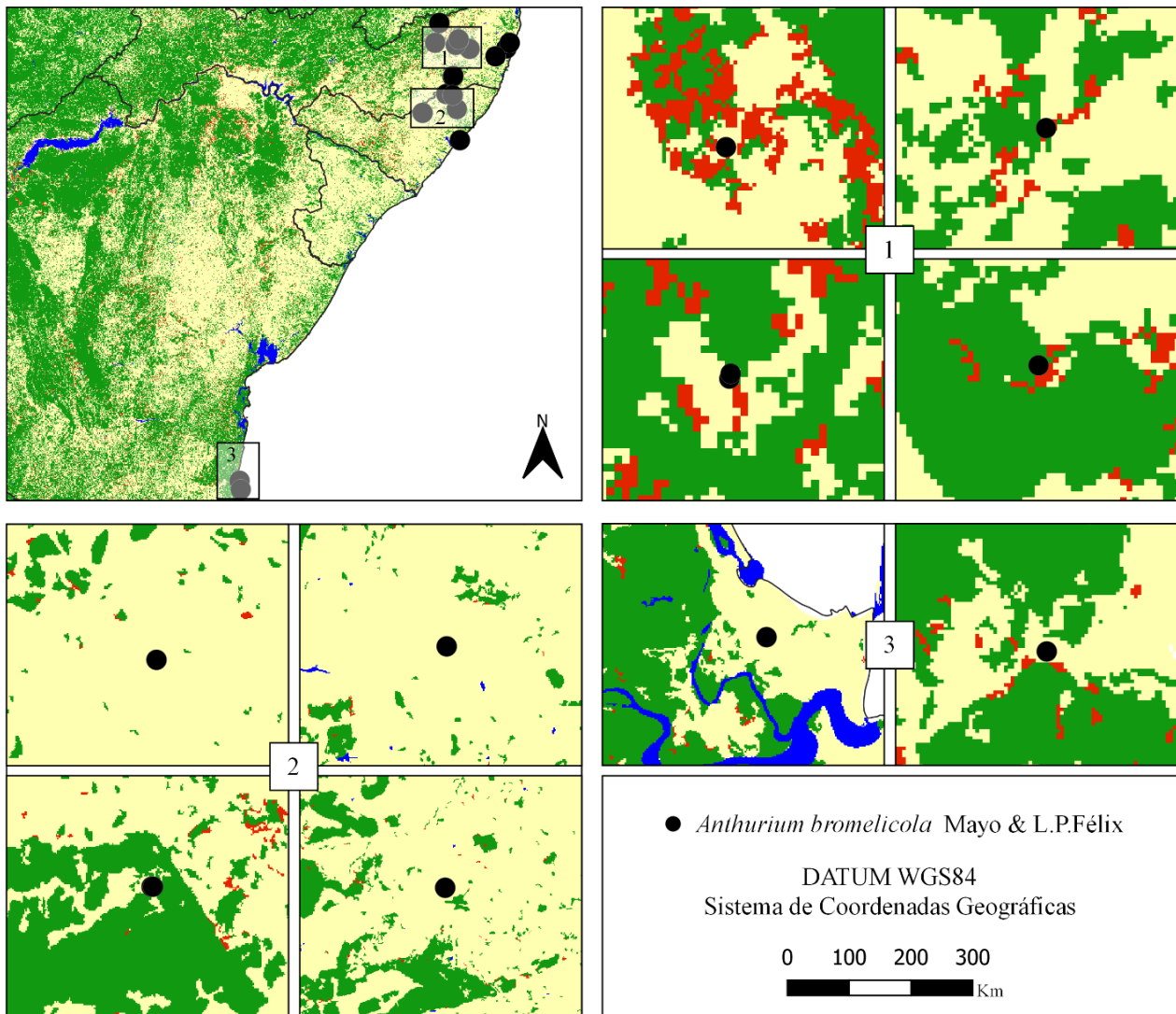
A espécie *A. bromelicola* apresentou uma Área de Ocupação (AOO) de 72 Km². Em decorrência dessa AOO e das condições de conservação das localidades de ocorrência da espécie (ver parágrafos seguinte), a mesma foi categorizada como “Em Perigo” (EM) segundo o critério B2b(iii)c(ii) (Figura 1).

Figura 1. Localidades de ocorrência da espécie *Anthurium bromelicola* Mayo & L.P.Félix no Nordeste brasileiro.



As localidades de ocorrência de *A. bromelicola* estão distribuídas pelos estados da Bahia, Alagoas e Pernambuco. De acordo com os mapas gerados com os dados do Projeto MapBiomas, muitas dessas áreas estão em sítios sob forte pressão antrópica (Figura 2). Além disso, é possível observar um aumento nas áreas antropizadas entre o ano da primeira categorização da espécie (2012) e o ano da avaliação mais recente (2021).

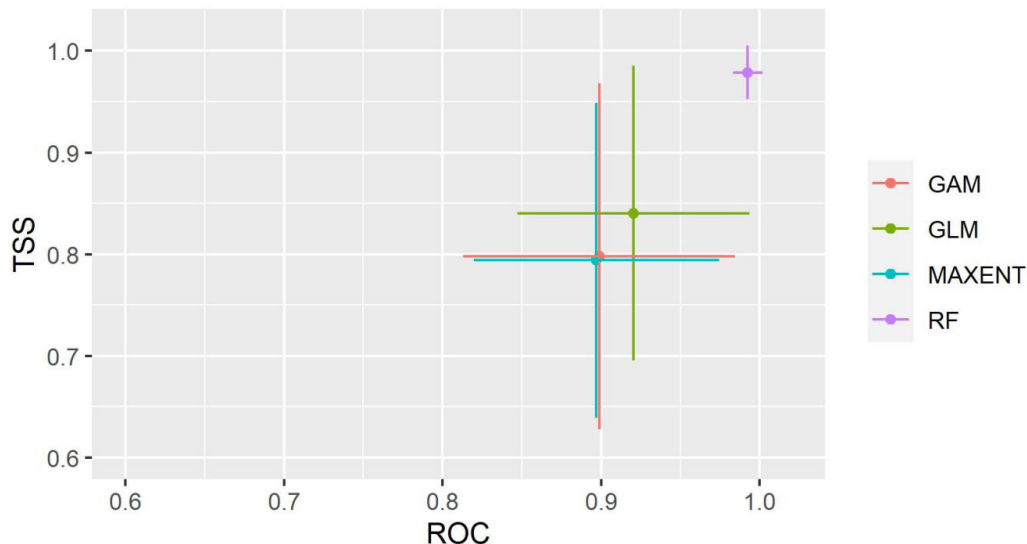
Figura 2. Localidade de ocorrência da espécie *Anthurium bromelicola* Mayo & L.P.Félix (pontos pretos) em razão das condições ambientais. Sendo: em amarelo - áreas de uso antrópico; em verde - áreas naturais; em vermelho - ambientes naturais convertidos entre os anos 2012 e 2021.



Fonte: Projeto MapBiomas.

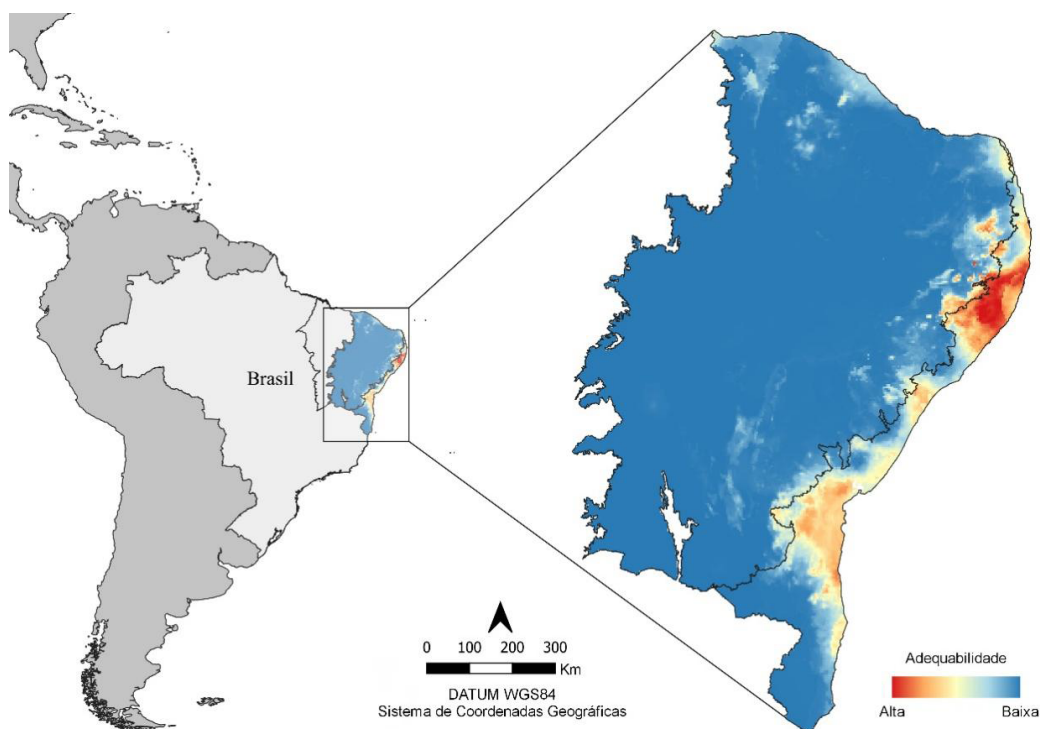
Todos os modelos gerados na análise de modelagem apresentaram um TSS > 0.6 e ROC > 0.8 (Figura 3). O modelo de consenso, por sua vez, obteve um TSS de 0.998, sendo considerado bom.

Figura 3. Visão geral dos valores de TSS (True Skill Statistics) e ROC (Receiver Operating Characteristic) dos algoritmos GAM (Generalized Additive Model), GLM (Generalized Linear Model), MAXENT (Maximum Entropy) e RF (Random Forest) utilizados na modelagem de nicho ecológico da espécie *Anthurium bromelicola* Mayo & L.P.Félix.



A espécie apresentou susceptibilidade variando de alta a baixa em grande parte da Mata Atlântica nordestina (Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Restinga) e Caatinga (Savana Estépica) (Figura 4). Na Caatinga a susceptibilidade foi mais elevada próximo aos limites com a Mata Atlântica.

Figura 4. Susceptibilidade de ocorrência de *Anthurium bromelicola* Mayo & L.P.Félix na Mata Atlântica e Caatinga nordestina.



Nessa área, um total de 36 UC's Federais apresentaram susceptibilidades de ocorrência para *A. bromelicola*. Dessas, somente nove apresentaram uma média de adequabilidade superior a 0,5 (Tabela 1).

Tabela 1. Média de adequabilidade climática nas Unidades de Conservação Federais presentes na Mata Atlântica e Caatinga nordestina.

Unidades de Conservação Federais	Estado	Média de Adequabilidade
Estação Ecológica de Murici	AL	0,886
Parque Nacional Serra de Itabaiana	SE	0,753
Reserva Biológica de Pedra Talhada	PE/AL	0,751
Parque Nacional da Serra das Lontras	BA	0,644
Floresta Nacional do Ibura	SE	0,64
Reserva Biológica de Saltinho	PE	0,631
Floresta Nacional da Restinga de Cabedelo	PB	0,604
Reserva Biológica de Una	BA	0,53
Refúgio de Vida Silvestre de Uma	BA	0,501

A maioria das áreas com registros confirmados para a espécie apresenta indícios de fatores de pressão antrópica pretérita e vigente, a exemplo de desmatamentos, incêndios, dentre outros (ver Palomo 2015; Freire et al. 2019; Pimentel et al. 2021; Oliveira et al. 2021; Vital et al. 2021; IMA 2022). Isso também é observado em algumas unidades de conservação em que a espécie ocorre. A Estação Ecológica do Murici, AL, *p.e.*, além de fortemente fragmentada, apresenta registros de incêndios (Brasil, 2023), prática de agricultura e pecuária e presença de espécies exóticas invasoras (ICMBIO 2017).

A ocorrência exclusiva da *A. bromelicola* em fitotelmos de bromélias é um outro fator que aumenta sua situação de risco, uma vez que muitas espécies dessa família vêm sofrendo forte pressão devido a atividades antrópicas, como o extrativismo (Martinelli & Moraes, 2013; Costa et al., 2018).

A melhor performance observada para o Random Forest em comparação com outros algoritmos também foi observada em outros trabalhos (Dubuis et al., 2013; Mi et al., 2017; Piri Sahragard et al., 2018; Zhang et al., 2020). Isso deve-se a alta capacidade do mesmo em evitar *overfitting* (Breiman, 2001; Songul, 2020;). Em seu trabalho, Mi et al. (2017) relataram a importância de se utilizar o Random Forest em pesquisas que buscam avaliar a distribuição potencial de espécies com poucas amostras, como é o caso da espécie estudada.

A maior susceptibilidade de *A. bromelicola* na Mata Atlântica é justificada por sua relação com determinadas espécies de bromélias, que por sua vez, ocorrem, quase que exclusivamente, em ambientes mais úmidos (Siqueira Filho et al. 2006; Maciel et al. 2015; Pimenta et al., 2021; Flora e Funga do Brasil 2023).

Os resultados da modelagem, associados a ocorrência confirmada de bromélias do gênero *Aechmea* e *Hohenbergia* (Nusbaumer et al., 2015; Silva et al., 2019; ICMBIO 2017; Araújo et al., 2019; Souza

et al., 2021), sugerem que a Reserva Biológica da Pedra Talhada (AL/PE), o Parque Nacional Serra de Itabaiana (SE) e a Estação Ecológica de Murici (AL) possam abrigar a espécie estudada. O uso da modelagem de nicho ecológico é uma ferramenta amplamente recomendada para fins de identificação de novas populações de táxons (Guisan et al., 2013; Särkinen et al., 2013; Fois et al., 2018).

Conclusão

Conforme os resultados obtidos, a espécie *Anthurium bromelicola* Mayo & L.P.Félix deve ser enquadrada na categoria de risco de extinção “Em perigo”. A avaliação de susceptibilidade de ocorrência demonstrou que ela apresentou boa adequabilidade especialmente em sítios da Mata Atlântica. Espera-se que o presente estudo possa subsidiar ações e políticas públicas voltadas para a conservação da espécie e possa servir como incentivo a realização de estudos semelhantes com outras espécies brasileiras.

Participação dos autores: LFRJ - Conceituação, Curadoria de dados, Investigação, Metodologia, Software, Visualização, Redação- Rascunho original, Redação – revisão e edição; DOR - Metodologia, Análise formal, Software, Visualização, Redação- Rascunho original, Redação – revisão e edição; JRF - Metodologia, Administração de Projetos, Supervisão, Validação, Visualização, Redação- Rascunho original, Redação- Rascunho original, Redação – revisão e edição.

Aprovação ética ou licenças de pesquisa: Não foi necessário.

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

Fomento: Não houve fontes de fomento.

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

Referências

Allouche O, Tsoar A, Kadmon R. 2006. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS): Assessing the accuracy of distribution models. *Journal of Applied Ecology* 43(6):1223-1232. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01214.x>

Araújo K, Santos JL, Fabricante JR. 2019. Epífitas vasculares do Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. *Biotemas* 32(1):21-29. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2019v32n1p21>

Araújo MB, New M. 2007. Ensemble forecasting of species distribution. *Trends Ecol Evol* 22(1):42-47. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.09.010>

Bachman S, Moat J, Hill AW, de la Torre J, Scott B. 2011. Apoiando avaliações de ameaças da Lista Vermelha com GeoCAT: ferramenta de avaliação de conservação geoespacial. In: Smith V, Penev L (Eds) e-Infrastructures para publicação de dados em ciência da biodiversidade. *ZooKeys* 150: 117–126. (Versão BETA).

Brasil. Instituto do Meio Ambiente Estado de Alagoas. APA de Murici. Disponível em: < <http://www.meioambiente.al.gov.br/diretorias/diruc/unid.-de-conservacao/uso-sustentavel/area-de-protecao-ambiental-2013-apa/apa-de-murici>>. Acesso em 22 mai. 2023.

Breiman L. 2001. Random forests. *Machine learning* 45:5-32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>

Songul C. 2020. The impact of oversampling with “ubSMOTE” on the performance of machine learning classifiers in prediction of catastrophic health expenditures. *Operations Research for Health Care* 27:100275. <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2020.100275>

- CNCFLORA. *Anthurium bromelicola* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012. Disponível em: < <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Anthurium%20bromelicola>>. Acesso em 30 ago. 2021.
- Coelho MAN, Soares ML, Calazans LSB, Gonçalves EG, Andrade IMDe, Pontes TA, Sakuragui CM, Temponi LG, Buturi C, Mayo S. 2015. Araceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:< <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB51>>. Acesso em 30 ago. 2021.
- Costa AF, Santos-Silva F, Martinelli G, Versieux LM, Louzada R, Amaro R, Santos Filho L, Messina T, Wimmer F, Maurenza D, Amorim T, Novaes L, Menezes V. 2018. Bromeliaceae. In: Martinelli G, Martins E, Moraes M, Loyola R & Amaro R (Orgs), Livro vermelho da flora endêmica do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio, Rio de Janeiro, Brasil, p. 176-206.
- Dubuis A, Giovanettina S, Pellissier L, Pottier J, Vittoz P, Guisan A. 2013. Improving the prediction of plant species distribution and community composition by adding edaphic to topo-climatic variables. *Journal of Vegetation Science* 24(4):593-606. <https://doi.org/10.1111/jvs.12002>
- Fick SE, Hijmans RJ. 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology* 37(12):4302-4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em 26 mai. 2023.
- Fois M, Cuena-Lombrana A, Fenu G, Bacchetta, G. 2018. Using species distribution models at local scale to guide the search of poorly known species: Review, methodological issues and future directions. *Ecological Modelling* 385:124-132. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.07.018>
- Freire EMX, Silva ST, Gonçalves U, Tiburcio ICS, Lisboa BS, Nascimento FAC, Gonçalves EM. 2019. *Plano De Ação Nacional Para A Conservação Da Herpetofauna Ameaçada Da Mata Atlântica Nordestina Capítulo 5 mata atlântica de alagoas: Herpetofauna ameaçada e estratégias de conservação*. n.41. Brasília, 253p.
- GBIF (Global Biodiversity Information Facility). Disponível em:< <https://www.gbif.org/>>. Acesso em 11 jan. 2023.
- Guisan A, Edwards TCJR, Hastie T. 2002. Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene. *Ecol Model* 157(2-3):89-100. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00204-1](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00204-1)
- Guisan AR, Tingley JB, Baumgartner I, Naujokaitis-Lewis PR, Sutcliffe AIT, Tulloch TJ, Regan L, Brotons E, Mcdonald-Madden C, Mantyka-Pringle TG, Martin JR, Rhodes R, Maggini AS, Setterfield J, Elith MW, Schwartz BA, Wintle O, Broennimann, M, Austin S, Ferrier MR, Kearney HP, Possingham YM, Buckley. 2013. Predicting species distributions for conservation decisions. *Ecol. Lett* 16(12):1424-1435. <https://doi.org/10.1111/ele.12189>
- ICMbio. 2017. Diagnóstico: Estação Ecológica de Murici. Brasília, 184p.
- IMA. APA do Murici. Disponível em:< <https://www.ima.al.gov.br/unidades-de-conservacao/uso-sustentavel/apa-de-murici/>>. Acesso em 8 Jun. 2022.
- Liaw A, Wiener M. 2002. Classification and regression by random forest. *R News* 2(3):18-22.
- Lino CF, Dias H. 2014. Anuário Mata Atlântica 2014: Convenção da Diversidade Biológica- Metas de Aichi – CDB A Mata Atlântica e as metas Nacionais da Biodiversidade para 2020. Instituto Amigos da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. IA-RBMA, São Paulo, 67p.
- Loyola, R.; Machado, N.; Ribeiro, B.R; Martins, E. & Martinelli, G. 2018. *Áreas prioritárias para conservação da flora endêmica do estado do Rio de Janeiro*, n.1. Rio de Janeiro, 60p.
- Maciel JR, Louzada R, Alves M. 2015. *Aechmea Ruiz & Pavón* from the northern portion of the Atlantic Forest. *Rodriguésia* 66(2):477-492. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566215>

Martins E, Martinelli G, Loyola R. 2018. Brazilian efforts towards achieving a comprehensive extinction risk assessment for its known flora. *Rodriguésia* 69(4):1529-1537. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869403>

Mayo SJ, Jardim JG, Carvalho AM. 2000. *Anthurium bromelicola* uma nova espécie notável do Nordeste do Brasil. *Aroideana* 3:95-97.

Mi C, Huettmann F, Guo Y, Han X, Wen, L. 2017. Why choose Random Forest to predict rare species distribution with few samples in large undersampled areas? Three Asian crane species models provide supporting evidence. *PeerJ* 5:28-49. [10.7717/peerj.2849](https://doi.org/10.7717/peerj.2849)

MMA. Biodiversidade Brasileira. Disponível em:< [Biodiversidade Brasileira \(mma.gov.br\)](http://Biodiversidade%20Brasileira%20(mma.gov.br))>. Acesso em 30 ago. 2022.

Nusbaumer L, Barbosa MRV, Thomas WW, Alves MV, Loizeau PA, Spichiger R. 2015. Flora e vegetação da Reserva Biológica de Pedra Talhada. In: Studer, A., L. Nusbaumer & R. Spichiger (Eds.). *Biodiversidade da Reserva Biológica de Pedra Talhada, Alagoas, Pernambuco, Brasil*, p. 59-121.

Oliveira SJF, Oliveira AA, Campos BN, Bezerra-Almeida WJ, Silva BV, Nascimento PM, Fernandes SAP, Santos FA, Vasconcelos LBPMJ, Sousa FRM, Silva PAM, Mendonça MACA. 2021. Composição florística de duas áreas da Caatinga da Chapada do Araripe. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento* 10(13):e506101321398-e506101321398. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21398>

Palomo KGS. 2015. Vulnerabilidade da Mata Atlântica no Sul da Bahia frente à expansão da fronteira econômica. *Journal of Social, Technological and Environmental Science* 4(2):70-82. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2015v4i2.p70-82>

Paula CC, De Oliveira MA, Martins AV. 2019. *Anthurium bromelicola* Mayo & LP Felix, micro endemic species to tanks of Bromeliads from Brazil. *Journal of the Bromeliad Society* 69(3):123-128.

Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling* 190(3-4): 231-259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>

Pimenta KM, Mayo S, Temponi LG, Mantovani A, Amorim A. 2021. *Anthurium bromelicola* and *A. sterilispadix* (Araceae): two distinct bromeliad commensals with highly unusual inflorescence morphology endemic to Northeast Brazil. *Plant Systematics and Evolution* 307(6):1-18. <https://doi.org/10.1007/s00606-020-01722-3>

Pimentel DJO, Santos BNJ, Fonsêca CN, Moreira LG, Pinto FVA. 2021. Dinâmica espaço-temporal do uso e cobertura do solo e da fragmentação florestal no município do Cabo de Santo Agostinho-PE. *Biodiversidade* 20(4):63.

Piri Sahragard H, Ajorlo M, Karami P. 2018. Modeling habitat suitability of range plant species using random forest method in arid mountainous rangelands. *Journal of Mountain Science* 15(10):2159-2171. <https://doi.org/10.1007/s11629-018-4898-1>

Projeto MapBiomias. Coleção 7.0 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil. Disponível em: < [Mapbiomas Brasil](http://Mapbiomas%20Brasil)>. Acesso em 7 mar. 2021.

QGIS. A Free and Open Source Geographic Information System. Disponível em:< <https://qgis.org/en/site/>>. Acesso em 30 jan. 2023.

R Core Team. The R Project for Statistical Computing. Disponível em:< <https://www.r-project.org/>>. Acesso em 13 jan. 2023.

Särkinen T, Gonzáles P, Knapp S. 2013. Distribution models and species discovery: the story of a new *Solanum* species from the Peruvian Andes. *PhytoKeys* 31:1-20. [10.3897/phytokeys.31.6312.app](https://doi.org/10.3897/phytokeys.31.6312.app)

Silva ACC, Silva Oliveira EV, Alves M, Farias MCV, Costa Mota A, Souza CAS & Nascimento Prata AP. 2019. Lista atualizada da flora vascular do Parque Nacional (PARNA) Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. *Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza*, 3(1):40-67. <http://dx.doi.org/10.29215/pecen.v3i1.1148>

Siqueira Filho JA, Santos AMM, Leme EMC, Cabral JS. A 2006. Atlantic Forest Fragments and Bromeliads in Pernambuco and Alagoas: Distribution, Composition, Richness and Conservation. In: Siqueira-Filho JA, Leme EMC (Eds). *Fragmentos*

de Mata Atlântica do Nordeste, Biodiversidade, Conservação e suas Bromélias. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio. p. 100-131.

Souza UF, Araújo AP, Santos AGMME, Dubeux MJM. 2021. Records of bromelicolous habit of three species of *Rhinella Fitzinger, 1826* (Anura: Bufonidae) in Northeastern Brazil's Atlantic Forest. *Herpetology Notes* 14:903-906.

SPECIESLINK. Disponível em:< <http://www.splink.org.br/>>. Acesso em 30 de jan. 2023.

Thuiller W, Georges D, Gueguen M, Engler R, Breiner F, Lafourcade B. 2021. biomod2: Ensemble Platform for Species Distribution Modeling. R package version 3.5.1. Disponível em:< <https://biomodhub.github.io/biomod2/index.html>>. Acesso em 30 mar. 2022.

Vital MJL, Alves PCG, Silva AA, Oliveira GSM. 2021. Levantamento florístico na Caatinga: comparação entre uma área preservada e uma área degradada no Sertão Pernambucano. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento* 10(12):e76101220153-e76101220153. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20153>

Zhang C, Chen Y, Xu B, Xue Y, Ren Y. 2020. Improving prediction of rare species' distribution from community data. *Scientific Reports* 10(1):12230. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69157-x>

Zurell D, Zimmermann NE, Gross H, Baltensweiler A, Sattler T, Wüest R. O. 2020. Testing species assemblage predictions from stacked and joint species distribution models. *Jornal of Biogeography* 47(1):101-113. <https://doi.org/10.1111/jbi.13608>



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

Análise dos padrões espaciais do desmatamento na Mata Atlântica, Brasil

Patrik de Oliveira Guimarães¹ , Mariana de Souza Fernandes¹ , Alex Mota dos Santos^{1*} ,
Fabrízia Gioppo Nunes² 

1 Centro de Formação em Ciências Agroflorestais (CFCaf) - Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), Rodovia Ilhéus/Itabuna, km 22 CEPLAC/CEPEC - Ilhéus, 45.604-811.

2 Instituto de Estudos Socioambientais (IESA) - Universidade Federal de Goiás (UFG), Avenida Esperança, s/n, Samambaia, Goiânia, 74.001-970.

*Autor para correspondência: alex.geotecnologias@gmail.com

Recebido em 12 de abril de 2023.

Aceito em 11 de julho de 2023.

Publicado em 31 de agosto de 2023.

Resumo - O desmatamento nas florestas tropicais é um fenômeno observado em todo o mundo. No Brasil, a Mata Atlântica é um bioma com grande biodiversidade, que vem sofrendo com o desmatamento há anos. Isto faz com que este bioma seja um dos mais ameaçados do país. Desta forma, o objetivo do trabalho é analisar os padrões espaciais do desmatamento da Mata Atlântica brasileira, considerando o acumulado até o ano de 2020. A metodologia envolve um conjunto de ferramentas de análise exploratória de dados espaciais, através de índices globais e locais que fornecem uma medida da associação espacial das áreas desmatadas. Os resultados obtidos revelam que a alta correlação espacial de *clusters* de desmatamento é formada por 248 municípios, dos 3.034, de domínio do Bioma Mata Atlântica. Estes estão situados em regiões específicas dos estados do Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul e Espírito Santo. Por outro lado, na Região Nordeste não foram identificados *clusters* de municípios com áreas de desmatamento de significância estatística. Desta forma, é evidente que existem agregações, bem definidas, de municípios com desmatamento. Entretanto, o desmatamento também tem sido realizado de forma isolada.

Palavras-chave: Mapeamento. Sensoriamento Remoto. Recursos Florestais. Estatística Espacial.

Analysis of spatial patterns of deforestation in the Atlantic Forest, Brazil

Abstract - Deforestation in tropical forests is a phenomenon observed throughout the world. In Brazil, the Atlantic Forest is a biome with rich biodiversity that has been experiencing deforestation for many years. This makes this biome one of the most endangered in the country. Thus, the objective of this work is to analyze the spatial patterns of deforestation in the Brazilian Atlantic Forest, accumulated until the year 2020. The methodology involves a set of exploratory analysis tools for spatial data, through global and local indices that provide a measure of the spatial association of the deforested area. The results reveal that the high spatial correlation of deforestation clusters is formed by 248 municipalities,

out of the 3,034, in the domain of the Atlantic Forest Biome. These are in specific regions of the states of Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, and Espírito Santo. On the other hand, in the Northeast region, clusters of municipalities with areas of deforestation and statistical significance were not identified. Thus, it is evident that there are well-defined aggregations of municipalities with deforestation. However, deforestation has also been carried out in isolation.

Keywords: Mapping. Remote Sensing. Forest Resources. Spatial Statistics.

Análisis de los patrones espaciales de deforestación en la Mata Atlántica, Brasil

Resumen - La deforestación en los bosques tropicales es un fenómeno observado en todo el mundo. En Brasil, la Mata Atlántica es un bioma con una gran biodiversidad que ha estado experimentando deforestación durante muchos años. Esto convierte a este bioma en uno de los más amenazados en el país. Así, el objetivo de este trabajo es analizar los patrones espaciales de deforestación en la Mata Atlántica brasileña, acumulada hasta el año 2020. La metodología involucra un conjunto de herramientas de análisis exploratorio de datos espaciales, a través de índices globales y locales que brindan una medida de la asociación espacial de las áreas deforestadas. Los resultados revelan que la alta correlación espacial de conglomerados de deforestación está formada por 248 municipios, de 3.034, en el dominio del Bioma de la Mata Atlántica. Estos se encuentran en regiones específicas de los estados de Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul y Espírito Santo. Por otro lado, en la Región Nordeste, no se identificaron agrupaciones de municipios con áreas de deforestación y significación estadística. Así, es evidente que existen agregaciones bien definidas de municipios con deforestación. Sin embargo, la deforestación también se ha llevado a cabo de forma aislada.

Palabras clave: Cartografía. Teledetección. Recursos Forestales. Estadísticas Espaciales.

Introdução

O desmatamento nas florestas tropicais é um fenômeno observado em todo o mundo. Além disso, os fragmentos remanescentes estão sofrendo com a perda da biomassa e da biodiversidade (Lima et al. 2020). Na ciência da conservação da natureza é reconhecida a importância das análises dos padrões espaciais do desmatamento em diversos biomas, tanto em nível nacional quanto em estudos internacionais (Davis et al. 2019; Trigueiro 2019; Trigueiro et al. 2020; Santos et al. 2021).

Desta forma, e diante da importância deste tema, observam-se diversas pesquisas aplicadas à análise do desmatamento, com destaque para os estudos desenvolvidos por Mitchard (2018), Davis et al. (2019), Veldkamp et al. (2020), Hoang e Kanemoto (2021) e Santos et al. (2021). Assim, Mitchard (2018) considera que o desmatamento das florestas influencia no ciclo de carbono e nas mudanças climáticas. Além disso, Hoang e Kanemoto (2021) afirmam que esse fenômeno é uma ameaça expressiva à biodiversidade do planeta, com impactos significativos nas propriedades e funções dos solos (Veldkamp et al. 2020).

A Mata Atlântica é considerada um dos biomas com a maior riqueza de espécies do planeta. Possui mais de 20 mil espécies vegetais, sendo 8 mil endêmicas (Santos et al. 2020), e é considerada um dos 25 *hotspots* da biodiversidade mundial (MMA 2002). Devido a ser um dos biomas mais ameaçados, torna-se uma das regiões prioritárias à conservação (Martins et al. 2021). Segundo (Santos 2020), é um dos ecossistemas mais complexos do mundo. Seu histórico de elevadas taxas de desmatamento e a perda da biodiversidade influenciam o crescimento do número de pesquisas relacionadas ao estudo dos fatores de desmatamento e a proteção da fauna e flora deste bioma (Joly et al. 2014; Davis et al. 2019).

Neste cenário, as análises sobre os desmatamentos têm sido variadas e subsidiadas por meio de informações georreferenciadas. Davis et al. (2019) utilizaram dados e informações dos órgãos governamentais brasileiros para a modelagem dos indutores do desmatamento na Mata Atlântica. Para tanto, usaram estatísticas espaciais robustas, no caso a Regressão Geograficamente Ponderada. Santos et al. (2021) empregaram metodologia semelhante à de Davis et al. (2019) para a análise da retirada da vegetação na Amazônia. Destas duas pesquisas observa-se a utilização de ferramentas de análise exploratória de dados espaciais, por exemplo, por meio de Índices Globais e Locais, tais como Índice Local de Moran, Moran Global, LISA Map, estatística G_i , os quais fornecem uma medida da associação espacial das áreas desmatadas. De forma geral, na análise espacial, tem sido recorrente o uso dos Índices Local e Global de Moran. De acordo com Meng et al. (2005), o Índice de Moran Global é uma forma de medir a autocorrelação espacial, fornecendo uma medida geral da associação espacial.

Apesar da importância deste tema e das inúmeras pesquisas, foi constatado que ainda é escassa a produção científica sobre o mapeamento dos padrões espaciais do desmatamento na Mata Atlântica brasileira. Estudos mais recentes se dedicaram a explicar os motivadores do desmatamento Davis et al. (2019), porém, sem um enfoque quanto à sua correlação espacial. Assim, o objetivo do trabalho é analisar os padrões espaciais do desmatamento da Mata Atlântica brasileira, acumulado até o ano de 2020. Isso é importante, pois, segundo Carneiro et al. (2020, p. 65), o conhecimento da real situação em que se encontra a cobertura vegetal é fundamental para o estabelecimento de políticas públicas e identificação de oportunidades para conservação e uso sustentável da biodiversidade.

Material e métodos

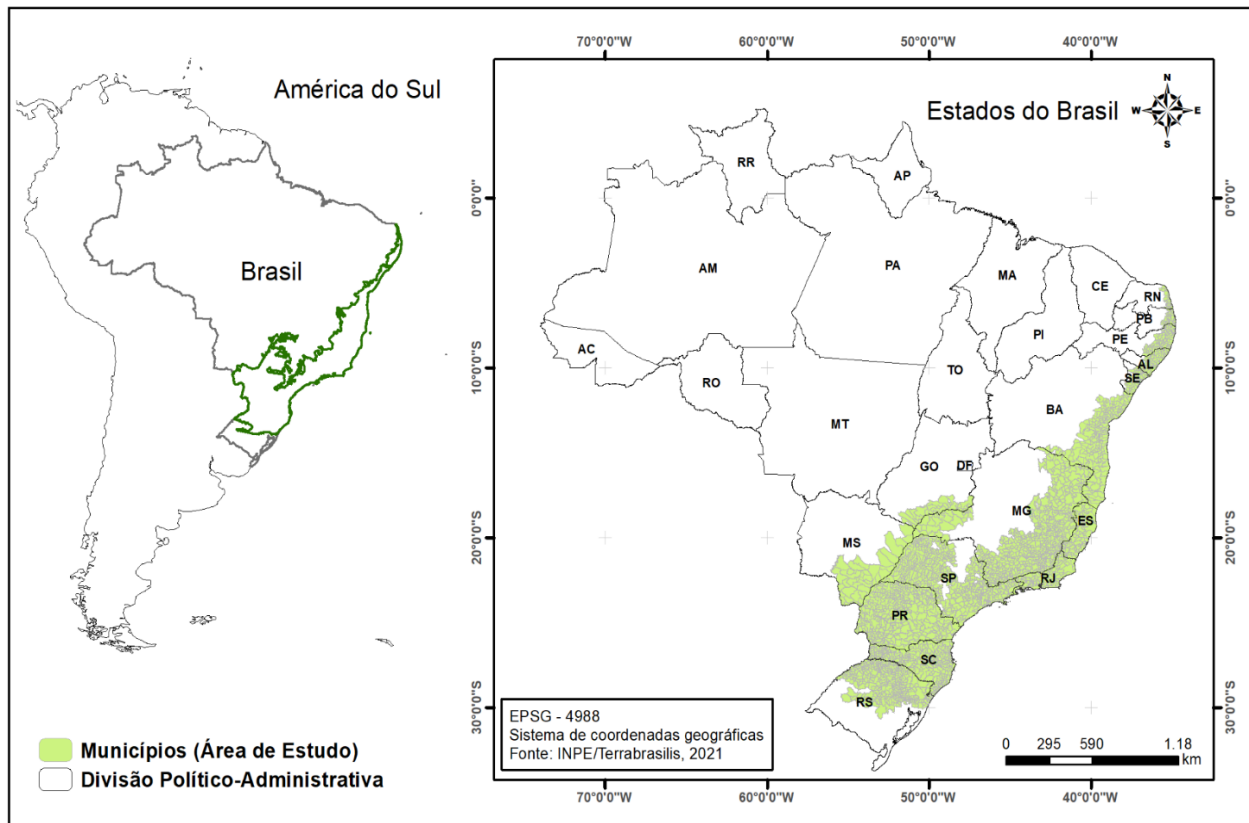
Área de Estudo

A área de estudo incluiu os 3.034 municípios localizados no Bioma Mata Atlântica, que ocupam áreas dos estados do Espírito Santo, Paraná, Rio de Janeiro, Santa Catarina e parte dos municípios de Alagoas, Bahia, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, São Paulo e Sergipe (Figura 1).

A Mata Atlântica tem a sua biodiversidade abundante, sendo considerada um dos ecossistemas mais complexos do mundo e habitat para diversas espécies de animais. Além disso, os 1.110.182 km² de área de domínio do bioma abrigam aproximadamente 70% da população brasileira (Santos et al. 2020). Mesmo assim, ainda compreende um vasto conjunto de espécies florísticas localizadas na faixa litorânea, entre o estado do Rio Grande do Norte até o estado do Rio Grande do Sul, representadas, principalmente, pela Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual (Almeida 2016).

De acordo com o MMA (2010) a vegetação nativa da Mata Atlântica ocupa atualmente, apenas 27% de sua área original, incluindo-se neste percentual, áreas florestais em todos os estágios de regeneração, campos naturais, restingas, manguezais e outros tipos de vegetação nativa.

Figura 1. Localização da área de estudo: municípios abrangidos pelo Bioma Mata Atlântica.



Fonte: Produção dos próprios autores (2022).

Fontes dos dados e das informações

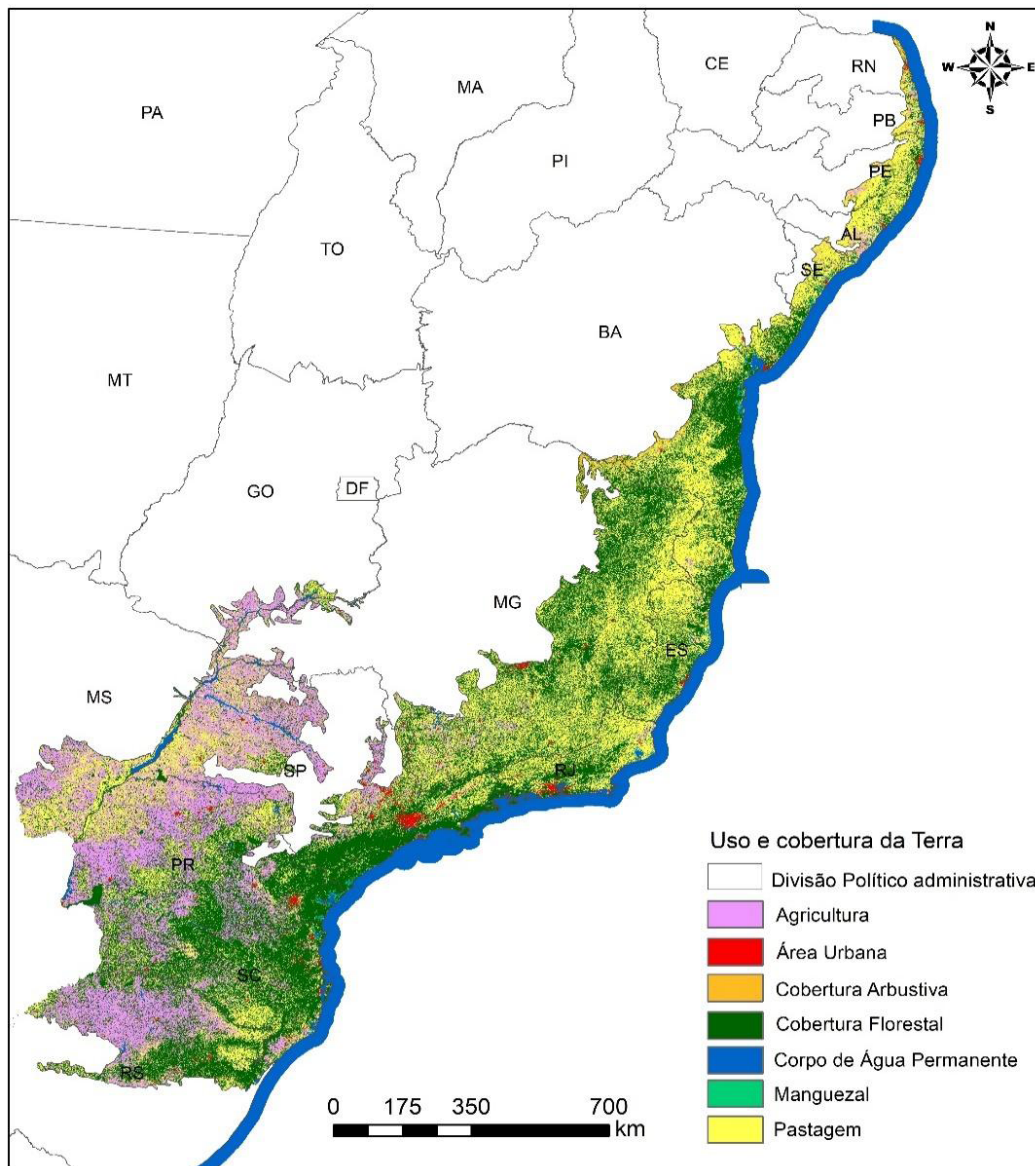
Os dados de uso e cobertura das terras foram obtidos do *site* do ESA *WorldCover*, do ano de 2020 - v100, seguindo os procedimentos descritos por Zanaga et al. (2021). Esses dados foram selecionados por serem os mais atualizados, dentre os dados disponíveis no site da ESA (Figura 2) e devido a qualidade de refinamento do produto cartográfico, com resolução espacial de 10 metros, superior a outras bases disponíveis, como as do MapBiomas e TerraBrasilis, por exemplo.

De acordo com Ghassemi et al. (2022), no projeto *WorldCover* da Agência Espacial Europeia (ESA), os dados do satélite foram obtidos para todo o mundo, possibilitando o refinamento de um mapa de todos os continentes, com 11 classes de uso e cobertura da terra, dentre as quais foram consideradas neste estudo, como áreas de desmatamento, as classes referentes a agricultura, a pecuária e as áreas urbanas.

Os dados da ESA *WorldCover* 10 foram convertidos em arquivo *shapefile* e associados, por meio de ferramentas de manipulação espacial, utilizando o *software* de Sistema de Informações Geográficas QGIS aos dados dos vetores dos municípios. As informações foram organizadas em um banco de dados e a estatística espacial foi realizada no *software* TerraView, versão 4.2.2, do Instituto Nacional

de Pesquisas Espaciais (INPE), correspondendo a 99 permutações, A elaboração final dos mapas temáticos foi realizada no ArcMap, versão 10.1, gratuita para estudantes. É importante referir que o valor de permutações utilizado permite adequar os dados a uma distribuição normal, o que garante inferências mais adequadas aos dados.

Figura 2. Uso e cobertura das terras na Mata Atlântica, ano de 2020.



Fonte: Produção dos próprios autores. Dados da ESA WorldCover de 2020.

Os limites dos municípios foram obtidos do *site* do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2010). Os dados do número do rebanho bovinos e das áreas de cultivos agrícolas, temporários e permanentes foram obtidos do *site* do IBGE de recuperação automática (SIDRA/IBGE) do ano de 2020.

Estatística espacial

A estatística espacial para a análise dos padrões de desmatamento foi realizada por meio do Índice de Moran Global e Local, que é aplicado à análise de autocorrelação espacial (Pellenz et al. 2021) e permite verificar a relação existente entre áreas vizinhas (Fonseca e Aguiar 2020). O Índice de Moran Local foi proposto por Luc Anselin (Anselin 1995). De acordo com o autor, é um instrumento estatístico utilizado para analisar a existência de uma autocorrelação local. Assim, este índice avalia elementos espaciais que causem interferência no indicador Moran Global, evidenciando um padrão de distribuição característico (*cluster* ou agrupamento) agregado à localização geográfica. O Índice de Moran Local pode ser determinado como:

$$l_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j, \quad (1)$$

A soma de Moran local pode ser definida como:

$$\sum_i l_i = \sum_i z_i \sum_j w_{ij} z_j \quad (2)$$

Segundo Anselin (1995), as áreas definidas como aglomerados espaciais locais são identificadas como os locais ou agrupamentos de locais vizinhos para os quais há significância do Indicador Local de Associação Espacial (LISA). As disparidades dos dados, no caso dessa pesquisa, o desmatamento, são reveladas nos agrupados em áreas de *clusters*, ou seja, dos quadrantes: (Q1) indicando valor Alto-Alto do atributo analisado e média de seus vizinhos também elevada; Q2 indicando valor Baixo-Baixo do atributo e média de seus vizinhos também baixa; além dos quadrantes (Q3 – Alto-Baixo e Q4-Baixo-Alto) das áreas de transição, que considera a média dos valores das localidades vizinhas, com comportamento distinto (Nunes 2017).

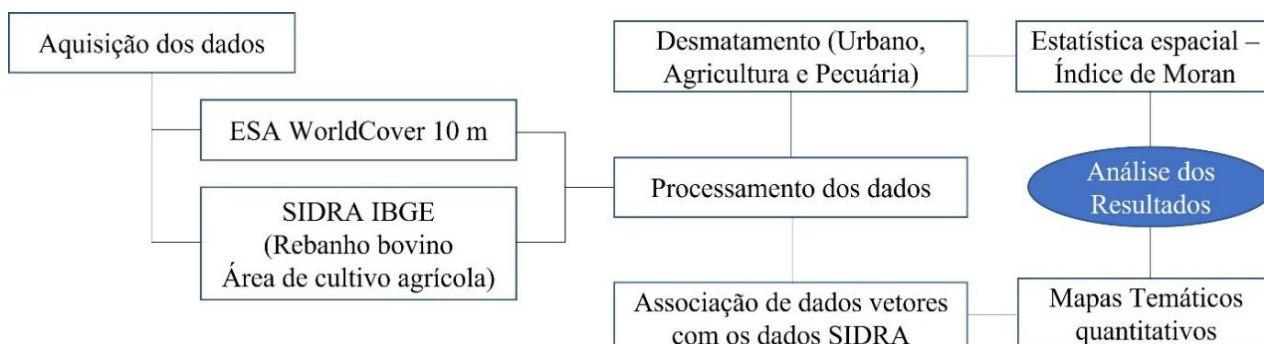
Assim, com a aplicação do Índice Local de Moran, a presença de valores expressivamente altos e positivos deixa visível um *cluster*. Além disso, o Índice de Moran é mensurado na escala que quantifica o desmatamento, em uma linear que varia de -1 a +1; os valores próximos de zero indicam a inexistência de autocorrelação espacial (Anselin 1995). Ao contrário, valores positivos indicam autocorrelação positiva, ou seja, de aglomerados de municípios com alto grau de desmatamento.

A análise dos resultados a partir do Índice de Moran Local foi realizada por meio de mapas de espalhamento, de acordo com Nunes (2017). Desta forma, tornou-se mais fácil a identificação dos agrupamentos e da análise de áreas que estejam em desacordo com o padrão espacial, permitindo a constatação de *outliers* (Anselin 1995).

Por sua vez, o Índice de Moran Local testa a autocorrelação local, a fim de identificar objetos espaciais com influência no Indicador Moran Global. Essa metodologia considera a análise das covariâncias entre as diferentes unidades de área (Vieira e Mendonça 2022).

Para efeito de comparação com as principais atividades indutoras do desmatamento, foram elaborados mapas temáticos do quantitativo do número de bovinos e da área de cultivos agrícolas (temporários e permanentes). Os mapas foram confeccionados sob regras da cartografia temática, conforme Sampaio e Brandalize (2018). A síntese da metodologia consta no fluxograma da Figura 3.

Figura 3. Síntese do fluxograma metodológico.



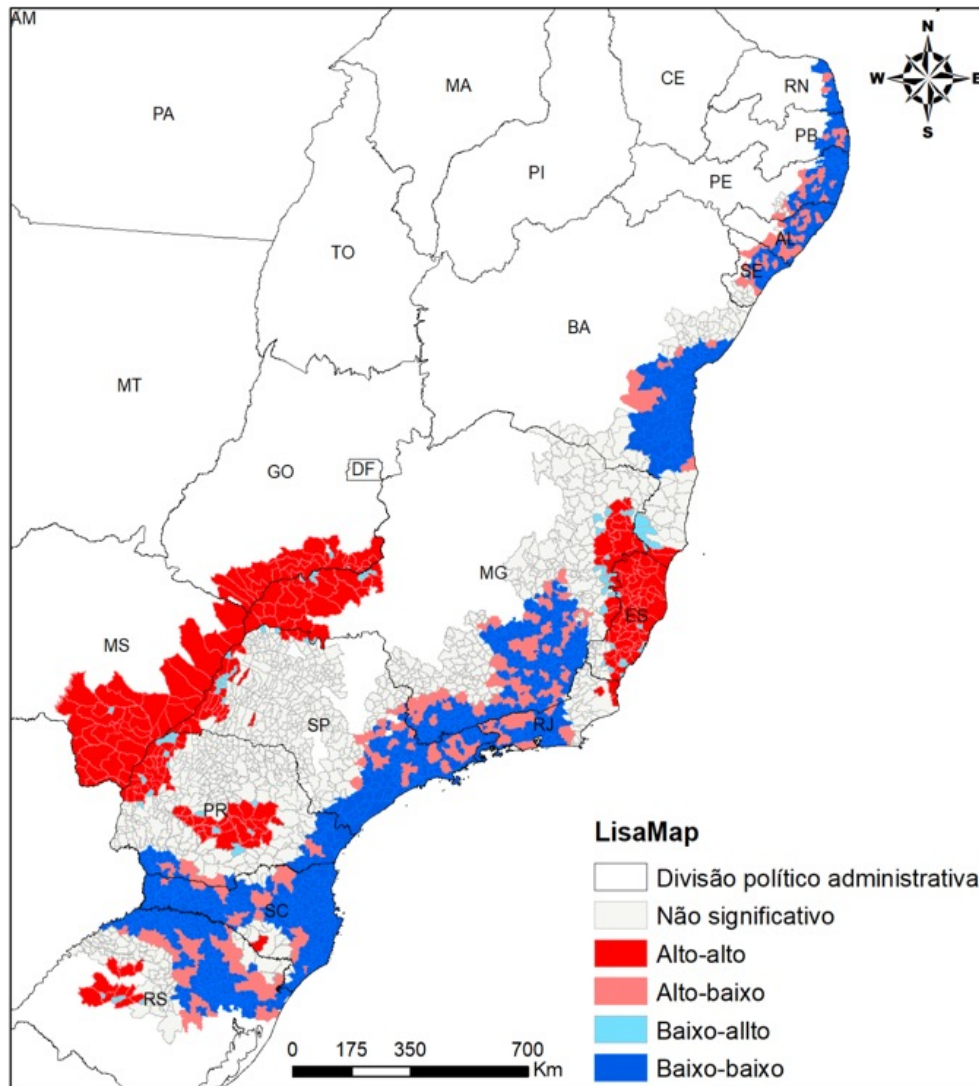
Fonte: Produção dos próprios autores (2022).

Resultados e discussão

A análise exploratória dos dados revelou uma área total de desmatamento, acumulada até o ano de 2020, de 785.940,58 km² nos 3.034 municípios considerados neste estudo. O projeto MapBiomass, referindo-se também ao acúmulo do desmatamento na Mata Atlântica até o ano de 2020, revelou uma área 772.035,04 km², portanto apresentando uma diferença de 13.905,54 km² em relação aos dados mapeados pela ESA. Essa variação pode estar associada à diferença no tamanho do pixel das imagens utilizadas nos dois projetos, e que por sua vez pode influenciar na subestimação do tamanho da área mínima mapeada.

Além disso, nesta pesquisa, o tamanho médio das áreas desmatadas foi de 259,04 km². A menor área de desmatamento foi identificada no município de Barro Preto, estado da Bahia. Por outro lado, Três Lagoas, no estado do Mato Grosso do Sul, foi o município com maior área desmatada. Inclusive, o estado de Mato Grosso do Sul foi o estado com municípios com maiores áreas desmatadas.

A estatística espacial, subsidiada pelo Índice de Moran, apresentou valor de 0,49 e p-valor 0,01, com quatro grandes agrupamentos para municípios com áreas de desmatamento com significância estatística de associação espacial Alto-Alto. Desses, 248 municípios estão associados em agrupados nos estados: do Rio Grande Sul, porção centro-oeste; Paraná, porção central; Goiás, porção sudeste; Mato Grosso do Sul, porções leste e sul; Minas Gerais, região do Triângulo Mineiro e; na faixa litorânea do país, formado por municípios do estado do Espírito Santo, ambos destacados em vermelho no LISA Map, que é apresentado na Figura 4.

Figura 4. Índices de autocorrelação espacial do desmatamento no Bioma Mata Atlântica (2020).

Fonte: Produção dos próprios autores.

Por outro lado, na Região Nordeste não foram identificados agrupamentos de municípios com áreas de desmatamento e significância estatística. Pelo contrário, foram identificados agrupamentos de municípios com associação espacial baixo-baixo para o desmatamento, especialmente no extremo sul da Bahia. Este fato também foi observado em diversos setores da costa litorânea do nordeste brasileiro, estado de Santa Catarina, litoral sul de São Paulo, litoral norte do Paraná, porção norte do Rio Grande do Sul e porção central do Rio de Janeiro. Todas estas regiões apresentaram histórico de desmatamento iniciado ainda no período colonial, de forma desassociada.

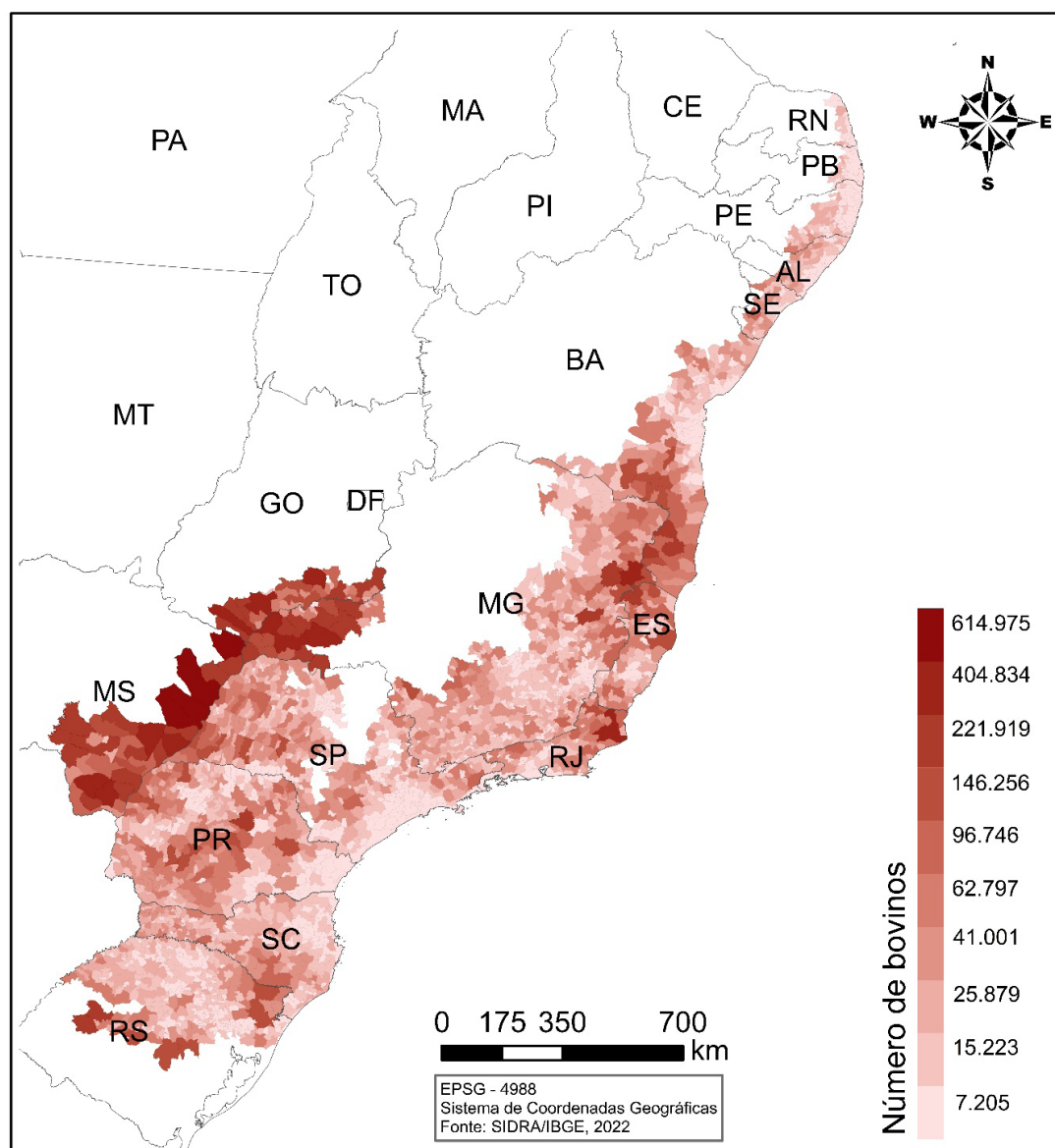
De acordo com Gelain et al. (2012), o desmatamento no Brasil é considerado uma questão histórica e cultural, pois iniciou-se no período colonial com a exploração do Pau Brasil, seguido pelos ciclos da cana do açúcar, café e ouro e, atualmente, pelo incentivo do governo ao agronegócio e à especulação do preço da terra.

A afirmativa de Gelain et al. (2012) corroboram os resultados observados neste estudo. Do mapa gerado na Figura 4, verifica-se que os agrupamentos com maiores números de municípios, com áreas desmatadas até o ano de 2020, situados nos estados do Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais estão associados ao

agronegócio. Ademais, Davis et al. (2019) haviam observado que o aumento das áreas de pastagem, está relacionado, negativamente, com a quantidade de florestas convertidas em pasto. Assim, estes três estados, com maiores agrupamentos de municípios com desmatamento, estão presentes no *ranking* dos municípios com maiores efetivos de rebanhos bovinos do Brasil, segundo o IBGE (2020).

Desta forma, e partindo do pressuposto que o desmatamento tem forte relação com as atividades pecuárias, foi elaborado o mapa da Figura 5. Neste mapa é possível observar que, nos estados de Mato Grosso do Sul e Goiás, a relação é direta entre o desmatamento por agrupamentos de municípios e o número de bovinos.

Figura 5. Número de bovinos nos municípios onde se mapeia a Mata Atlântica (ano de 2020).



Fonte: Produção dos próprios autores a partir de dados do IBGE.

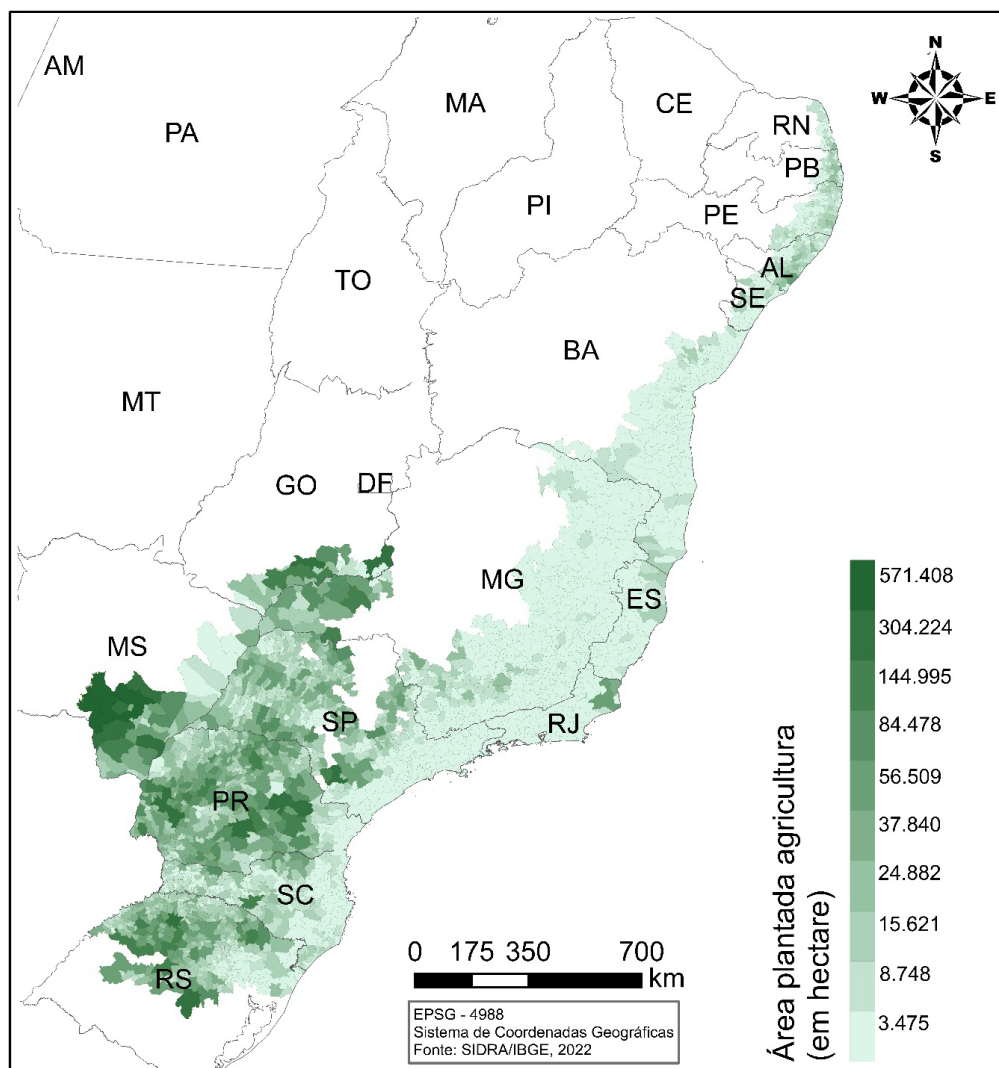
Observa-se, também, números expressivos de bovinos nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Isso ocorre porque, segundo Young (2012), a pecuária extensiva persiste como uma das principais formas de ocupação de terra no Brasil.

No estado de Minas Gerais, Rezende (2016) vincula o desmatamento da Mata Atlântica ao crescimento da agropecuária e das atividades de mineração. Minas Gerais, apesar de anos de explorações minerais, ainda apresenta uma expressiva produção mineral no país, com perspectivas promissoras de expansão da produção (Rezende 2016).

No caso do estado de Goiás, em sua porção sudeste, onde se mapeia a Mata Atlântica, Carneiro et al. (2020, p. 73) afirmaram que “quanto ao uso e ocupação da terra e cobertura vegetal, a pastagem foi a classe que apresentou maior percentual de ocupação”. São áreas essencialmente destinadas à criação de gado bovino. No caso do estado do Mato Grosso do Sul, este também tem boa parte de sua economia voltada para a agropecuária, sendo um setor de grande expressão para a economia local.

Dados censitários apontam que 80,76% dos municípios do Mato Grosso do Sul tem o PIB do agronegócio *per capita* maior que o PIB *per capita* da indústria, sendo a agropecuária um agente impulsionador no setor econômico e de serviços no estado (SEMAG 2015 *apud* Wolf et al. 2019). A Figura 6 apresenta o *ranking* das áreas plantadas para cultivo de lavouras temporárias e permanentes, ou seja, dos produtos agroexportadores por municípios situados na região do Bioma Mata Atlântica.

Figura 6. Área plantada de produtos agroexportadores nos municípios onde está estabelecida a vegetação de Mata Atlântica (ano de 2020).



Fonte: Produção dos próprios autores a partir de dados do IBGE.

É possível observar a relação com as áreas de *clusters* mapeadas (Figura 4) em municípios com maiores áreas desmatadas, especialmente nos estados do Mato Grosso do Sul, Goiás, Rio Grande do Sul e Paraná. Adicionalmente, é observado, mediante aos dados do IBGE, que o Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo e Goiás estão no *ranking* dos estados com as maiores áreas plantadas destinadas à colheita de produtos agroexportadores. O índice de desmatamento na região do Rio Grande do Sul ocorre devido ao elevado número de solos expostos destinados ao preparo para cultivo agrícola (Facco et al. 2016).

Conforme Mourão (2021), o Brasil está em segundo lugar no mercado de exportações de soja do mundo, e a região Centro Oeste agrupa grande parte da produção. Seixas (2015) menciona que o estado de Goiás teve um expressivo crescimento no cultivo de soja, tornando o terceiro estado na produção brasileira. Com isso, houve uma apropriação e intensificação das atividades agrícolas, resultando na implantação de novas rodovias, núcleos urbanos e programas de concessão de créditos agrícolas e, consequentemente, de incremento ao desmatamento (Ribeiro et al. 2019).

No Paraná, Vieira e Mendonça (2022), ao utilizarem a mesma metodologia aplicada neste estudo, observaram que a existência de autocorrelação espacial e a presença de *clusters* significativos em algumas regiões do estado, na variação de remanescentes da Mata Atlântica e das variações da atividade agropecuária, indicam que, possivelmente, o desmatamento em determinada localidade afeta o desmatamento em municípios vizinhos. Segundo estes autores (op. cit. 2022), o estado do Paraná ocupa a terceira posição no *ranking* de estados com maior nível de desmatamento do Bioma Mata Atlântica, o que possivelmente justifica seus valores altos de correlação espacial. No entanto, as mesorregiões Centro-Sul e Sudeste do país são ainda as maiores detentoras dos remanescentes da Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como mata de araucária (Vieira e Mendonça 2022).

Para Ziani et al. (2019), na porção central do estado do Rio Grande do Sul, os agrupamentos de municípios com grandes áreas de desmatamento se associam com extensas áreas agrícolas (Figura 6). Apesar disso, a Figura 5 revela municípios com grande número de bovinos. Isso evidencia a vocação do uso da terra para práticas da pecuária, como verificado por Rademann et al. (2019).

Como mencionado anteriormente, outro estado que também apresentou agrupamento expressivo de municípios, com áreas de desmatamento com significância estatística alta-alta, foi o do Espírito Santo. Porém, não se identificou um estudo de autocorrelação espacial, o qual analisasse o desmatamento em todos os municípios do Espírito Santo onde se mapeia a vegetação de Mata Atlântica. Apesar disso, os estudos de Fiorese e Leite (2018), Fiorese e Nascimento (2019), Silva et al. (2020) e Fiorese (2021) revelaram maior proporção de pastagens e áreas agrícolas em relação as áreas dos municípios inseridos no Bioma Mata Atlântica. Outros estudos constataram as expressivas áreas de cultivos agrícolas temporários (Lopes et al. 2014; Aguilar e Fiorese 2019; Fiorese e Nascimento 2019).

É evidente que o fenômeno da “peculiarização” na Mata Atlântica revela investimentos de projetos para a expansão dessa atividade econômica no Brasil. Segundo Harfuch et al. (2016), estima-se que, entre 2010 a 2013, as áreas alocadas para as pastagens passaram de 19% para 23% de todo o território nacional, o que representa entre 164 a 198 milhões de hectares convertidos.

Desta forma, comparado a outros biomas, “os projetos de intensificação produtiva na Mata Atlântica são os que possuem maiores taxas de retorno sobre o investimento, para todos os níveis de produtividade considerados, podendo atingir até 32%” (Harfuch et al. 2016, p. 14). Isso revela a rentabilidade da pecuária, a qual tende a crescer, em alguns estados da região Centro-Oeste e Sudeste.

Contudo, segundo o MapBiomas, a área de pastagem tem se reduzido no estado do Rio Grande do Sul, enquanto a agricultura tem se expandido neste estado, nos últimos anos.

Algumas pesquisas revelam que a retirada da floresta não é influenciada apenas pela agropecuária (Valentini et al. 2012; Rezende 2016; Vieira e Mendonça 2019), mas também, por exemplo, pela variável econômica, em especial o crédito rural agrícola (Trigueiro 2019).

Assim sendo, para novos estudos recomenda-se a complementação de dados e informações de variáveis explicativas do fenômeno do desmatamento, especialmente a partir do novo censo agropecuário e demográfico, este último, está prestes a ser publicado. Outros dados, como aqueles fornecidos pelo Banco Central, referentes ao crédito para atividades no campo, dados de variáveis físicas, como formas de relevo e climáticos, dados sobre retirada de madeira, associados a modelos de regressão para medir variações espaciais e relação que podem existir entre essas variáveis, explicam de forma mais fidedigna a ocorrência do desmatamento no espaço e no tempo.

Conclusão

A pesquisa relevou os padrões espaciais do desmatamento que ocorreu no Bioma Mata Atlântica até o ano de 2020. Assim, conclui-se que existem quatro grandes agrupamentos de municípios com áreas de desmatamento acumulado até o referido ano, com significância estatística. Por outro lado, é possível concluir que a preservação na área do Bioma Mata Atlântica ocorre em agrupamentos de municípios na porção sul e extremo sul da Bahia.

Os agrupamentos de municípios com áreas desmatadas se manifestam de forma contínua nos estados de Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e Espírito Santo e de forma isolada nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul. Adicionalmente, foi possível concluir que os *clusters* de municípios com áreas desmatadas apresentam relação com municípios com maiores números de rebanhos bovinos e áreas plantadas com lavouras temporárias e permanentes. Assim, é evidente que a pecuária ainda apresenta relação direta com o desmatamento, especialmente em estados como Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Goiás e Espírito Santo. Isto demonstra a possível utilização desta prática para a abertura de novas frentes das atividades agropecuárias. Entretanto, recomenda-se em pesquisas futuras, aplicar metodologias complementares para avaliar outros motivadores do desmatamento no Bioma Mata Atlântica. Inclusive, para pensar uma análise espacial que revele como foi a dinâmica de transição de área natural para os demais usos, por meio de análises multitemporais.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Federal do Sul da Bahia pela bolsa de iniciação científica, processo número PIE922-2021.

Participação dos autores: POG- Conceituação, Curadoria de dados, Análise formal, Metodologia e Redação – rascunho original; MSF - Análise formal, Metodologia e Redação – rascunho original; AMS - Captação de recurso, Administração de Projeto, Conceituação, Curadoria de dados, Análise formal, Metodologia e Redação – revisão e edição; FGN - Metodologia e Redação – revisão e edição.

Aprovação ética: A pesquisa não necessitou de aprovação em comitê de ética, conforme regras da instituição que se associa.

Disponibilidade dos dados: os autores esclarecem que a universidade que se vincula a pesquisa não dispõe de repositório de dados de pesquisas e/ou plataforma digital de armazenamento de informações. Contudo, os mesmos podem ser fornecidos mediante solicitação via e-mail.

Fomento: A pesquisa contou com fomento do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), processo número PIE922-2021/UFSB.

Conflitos de interesse: Não se aplica.

Referências

Aguilar TO, Fiorese, CHU. 2019. Uso e ocupação do solo de duas sub-bacias hidrográficas no município de Domingos Martins, estado do Espírito Santo. *Caderno de Ciências Agrárias* 11(1):1-10. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2019.15958>

Almeida DS. 2016. *Recuperação ambiental da Mata Atlântica*, Editus, n. 3. Ilhéus: Editus, 200 p.

Anselin L. 1995. Local indicators of spatial association - LISA. *Geographical Analysis*, v. 27, n. 2, p. 93-115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>

Carneiro GF. 2019. Mapeamento do incremento de cobertura florestal no estado do Espírito Santo utilizando dados multisensores e aprendizado de máquina. Dissertação (Mestrado em Engenharia Cartográfica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Cartográfica. Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 102 p.

Carneiro ES, Martins, A P, Guilherme, F A G. 2020. Caracterização ambiental, uso e ocupação do solo entre os anos de 1985 e 2015, em região no sul do estado de Goiás. *Geoambiente On-line*, Jataí - GO, v. 1, n. 38, p. 62-83, 2020. <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.i38.62928>

Da Fonseca SE, De Aguiar HH. 2019. Autocorrelação espacial entre indicadores socioeconômicos nos vales do Jequitinhonha e Mucuri. *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, v. 23, n. 3, p. 619-639. 10.11606/issn.2179-0892.geusp.2019.137849

Davis JL, Lima CG, Gracia RA, Nascimento B A. 2019. Modelling drivers of Atlantic Forest dynamics using geographically weighted regression. *Revista GEOgrafias*, v. 27, n. 2, p. 107-126. <https://doi.org/10.35699/2237-549X%20.2019.19890>

Facco DS, Benedetti ACP, Pereira Filho W, Kaiser EA, Osto JVD. 2016. Geotecnologias para monitoramento florestal no município de Nova Palma-Rio Grande Do Sul-BR. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 417-426. <https://doi.org/10.5902/2236117019946>

Fiorese CHU. 2021. Dinâmica do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do rio Fruteiras, estado do Espírito Santo, Brasil. *Labor&Eng.*, Campinas, SP, v.15, p.1-12. <https://doi.org/10.20396/labore.v15i00.8659875>.

Fiorese CH, Nascimento W. 2019. Mapeamento do uso das terras da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Santo Amaro, no Sul do estado do Espírito Santo. *Enciclopédia Biosfera*, v. 16, n. 29. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2019A84

Fiorese CH, Leite V. 2018. Dinâmica do uso e cobertura do solo na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Estrela do Norte no município de Castelo, estado do Espírito Santo. *Agrarian Academy*, v. 5, n. 10. https://doi.org/10.18677/Agrarian_Academy_2018B6

Gelain AJL, Lorenzetti DB, Neuhaus M, Rizzatti CB. 2012. Desmatamento no Brasil: um problema ambiental. *Revista Capital Científico – Eletrônica (RCCe)*, Guarapuava, v. 10, n. 1.

Ghassemi B, Dujakovic A, Žóhtak M, Immitzer M, Atzberger C, Vuolo F. 2012. Designing a European-Wide Crop Type Mapping Approach Based on Machine Learning Algorithms Using LUCAS Field Survey and Sentinel-2 Data. *Remote Sensing*, v. 14, n. 3, p. 541. <https://doi.org/10.3390/rs14030541>

Harfuch L, Palauro G, Zambianco W. 2016. *Análise econômica de projetos de investimentos para expansão da produção pecuária*. São Paulo: INPUT/ AGROICONE.


- Hoang NT, Kanemoto K. 2021. Mapping the deforestation footprint of nations reveals growing threat to tropical forests. *Nature Ecology & Evolution*, v. 5, n. 6, p. 845-853. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01417-z>
- Lima RAF, Oliveira AA, Pitta GR et al. 2020. The erosion of biodiversity and biomass in the Atlantic Forest biodiversity hotspot. *Nature communications*, v. 11, n. 1, p. 1-16. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20217-w>
- Lopes PR, Araújo KCS, Lopes IM, Rangel RP, Santos NFF, Kageyama FY. 2014. Uma análise das consequências da cafeicultura convencional e das opções de modelos sustentáveis de produção – agricultura orgânica e agroflorestal. *Revista Espaço de Diálogo e Desconexão, Caminas*, v. 8, p. 1-38. <https://doi.org/10.32760/1984-1736/REDD/2014.v8i2.6912>
- MapBiomass. O Projeto. [s. 2.], 2020. Disponível em: <https://mapbiomas.org/o-projeto>. Acesso em: 15 jun. 2023.
- Martins Felipe et al. 2021. Mata Atlântica: Da formação original à fragmentação e o atual estado de conservação em Santa Catarina. *Estrabão*, v. 2, p. 188-191. <https://doi.org/10.53455/re.v2i.45>
- Meng B, Wang J, Zhang W. 2005. Evaluation of regional disparity in China based on spatial analysis. *Scientia Geographica Sinica*, v. 25, n. 4, p. 393. <https://doi.org/10.13249/j.cnki.sgs.2005.04.393>
- Mitchard ET. 2018. The tropical forest carbon cycle and climate change. *Nature*, v. 559, n. 7715, p. 527-534. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0300-2>
- Mourão R, DA Silva Lino EN. 2021. Expansão agrícola no cerrado: o desenvolvimento do agronegócio no estado de Goiás entre 2000 a 2019. *Caminhos de Geografia, [S. l.]*, Uberlândia, v. 22, n. 79, p. 01–17. <https://doi.org/10.14393/RCG227951217>
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. Biodiversidade Brasileira. Brasília, DF: [MMA], 2002.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. Mata Atlântica. Patrimônio Nacional dos Brasileiros. Brasília, DF: 2010.
- Nunes FG. 2017. Território digital: detecção dos padrões espaciais da desigualdade socioterritorial do município de Aparecida de Goiânia–GO. 2017. *Ateliê Geográfica, Goiânia*, v. 11, n. 2, p. 112-129. <https://doi.org/10.5216/ag.v11i2.40137>
- Pellenz JLV, De Almeida M, Silva VL. 2021. Eficiência técnica agropecuária e desmatamento: análise espacial para a Amazônia legal brasileira. *Estudios económicos*, v. 38, n. 77, p. 119-146.
- Rademann LK, Trentin R, Souza RLE de. 2019. Série histórica do uso e ocupação da terra no Município de Cacequi–RS de 1986 a 2016. *Revista de Geografia-PPGEO-UFJF, Juiz de Fora*, v. 9, n. 1, p. 34-49. <https://doi.org/10.34019/2236-837X.2019.v9.29256>
- Rezende VL. 2016. A mineração em Minas Gerais: uma análise de sua expansão e os impactos ambientais e sociais causados por décadas de exploração. *Sociedade & Natureza*, v. 28, p. 375-384. <https://doi.org/10.1590/1982-451320160304>
- Ribeiro HF de; Faria KMS de; Cezare, CHG. 2019. Dinâmica espaço-temporal do desmatamento nos territórios da cidadania no nordeste goiano. *Revista Brasileira de Geografia Física, [S.l.]*, v. 12, n. 3, p. 1180-1196, jun. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v12.3.p1180-1196>.
- Sampaio TVM, Brandalize MCB. 2018. Cartografia geral, digital e temática. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Série Geotecnologias: teoria e prática. Disponível em: < <https://docs.ufpr.br/~tonysampaio/Cartografia%20Geral%20Digital%20e%20Tematica.pdf>>. Acesso em: 16 de fev. de 2023.
- Santos LD, Schlindwein SL, Fantini AC, Henkes JA, Belderrain MCN. 2020. Dinâmica do desmatamento da Mata Atlântica: causas e consequências. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 9, n. 3, p. 378-402. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e32020378-402>
- Santos AM, Silva CFA da, Almeida Junior PM, Rudke AP, Melo SN de. 2021. Deforestation drivers in the Brazilian Amazon: Assessing new spatial predictors. *Journal of Environment Management*, v. 294, p. 113020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113020>

- Seixas W. 2022. Soja incrementa agronegócio em Goiás. DM/Opinião, 2015. Disponível em: <<https://www.dm.com.br/opiniaio/2015/04/soja-incrementa-agronegocio-em-goias.html>> Acesso em: 8. abr. de 2022.
- Silva GMADa, Fiedler NC, Silva EC, Ramalho AHC. 2020. Ocupação da terra e diagnóstico de degradação no Sul do Espírito Santo. Agropecuária Científica no Semiárido, v. 16, n. 1, p. 45-51. <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v16i1.1153>
- Trigueiro WR, Nabout JC, Tessarolo G. 2020. Uncovering the spatial variability of recent deforestation drivers in the Brazilian Cerrado. Journal of Environmental Management, v. 275, p. 111243. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111243>
- Trigueiro WR. 2019. Variação espacial dos fatores que direcionam o desmatamento do cerrado. 2019. (Mestrado) Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Recursos Naturais do Cerrado, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis. 51 p.
- Valentini IA, Ferreira APNL, Gozzi MP, Ferreira ML. 2012. Impacto ambiental por desmatamento e soterramento na Mata Atlântica: um estudo de caso no entorno da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Exacta, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 115-121. <https://doi.org/10.5585/Exacta.v10n1.3135>
- Veldkamp E, Schmidt M, Powers J S, Corre MD. 2020. Deforestation and reforestation impacts on soils in the tropics. Nature Reviews Earth & Environment, v. 1, n. 11, p. 590-605. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0091-5>
- Vieira M, Mendonça YCM. 2022. Desmatamento da Mata Atlântica paranaense: análise espacial para o período 2014 e 2019. Revista Catarinense de Economia, v. 5, n. 1, p. 46-57. <https://doi.org/10.54805/RCE.2527-1180.v5.n1.106>
- Wolf R, Rodriguez AMB, Medeiros DF, Teixeira EC. 2019. Estimativa da curva de Kuznets ambiental para o estado de Mato Grosso do Sul. Investig. Agrar, p. 124-135. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2019.diciembre.124-135>
- Young CEF 2012. Desmatamento e desemprego rural na Mata Atlântica. Floresta e Ambiente, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 75-88.
- Zanaga D, Van De Kerchove R, De Keersmaecker W, et al. 2021. ESA WorldCover 10m 2020 v100. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5571936>
- Ziani P, Facco DS, Foletto EM 2019. Análise multiespacial do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Alto Jacuí: período de 1987 e 2018. Geografia Ensino & Pesquisa, v. 23, p. e46. <https://doi.org/10.5902/2236499439734>



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

Conhecimento etnobotânico sobre o uso de plantas medicinais por residentes da agrovila Pomar em Mossoró/RN, Brasil

Manoel Victor Dantas de Souza^{1*} , Lucas Emanuel Marinheiro de Oliveira² , Mateus Lucas de Lima Lucena¹ , Diego Nathan do Nascimento Souza² 

1 Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte- UERN, Campus Universitário Central, Rua Professor Antônio Campos, s/n, BR 110, km 48, Bairro Costa e Silva - Mossoró/RN. 59600-000.

2 Universidade do Estado do Rio Grande do Norte-UERN, Campus Universitário Central, Rua Professor Antônio Campos, s/n, BR 110, km 48, Bairro Costa e Silva - Mossoró/RN. 59600-000.

*Autor para correspondência: manoelhdmi@gmail.com

Recebido em 14 de junho de 2023.

Aceito em 11 de julho de 2023.

Publicado em 31 de agosto de 2023.

Resumo - Os levantamentos etnobotânicos de comunidades tradicionais rurais buscam resgatar o conhecimento popular e estabelecer ponte com o meio científico. Há diversas espécies de importância humana e que são utilizadas na medicina tradicional nas comunidades rurais da Caatinga. Desta forma, o presente trabalho realizou a listagem de plantas medicinais utilizadas pela comunidade rural da agrovila Pomar, no assentamento Maisa em Mossoró/RN, objetivando fazer um diagnóstico das plantas utilizadas e seus efeitos comprovados na bibliografia científica. Foram entrevistadas 20 famílias selecionadas pelo método da “bola de neve”. Foi observado que as plantas medicinais possuem uso altamente disseminado na comunidade, principalmente em pessoas com a idade mais avançada. Foram citadas 34 espécies pertencentes a 24 famílias botânicas, obtendo o maior índice de citação para *Mentha* sp. (Hortelã), *Cymbopogon citratus* (Capim-santo), *Psidium guajava* (Goiabeira), *Melissa officinalis* (Cidreira) e *Waltheria indica* (Malva). Registrou-se o uso de misturas de fórmulas de ervas medicinais chamadas popularmente de “garrafadas”. A lista produzida foi comparada com dados de estudos semelhantes na América Latina buscando principais espécies em comum. Conclui-se que a comunidade estudada utiliza de forma considerável plantas medicinais para o tratamento de enfermidades e que as plantas listadas possuem uma grande riqueza de ativos.

Palavras-chave: Conhecimento Tradicional. Medicina Popular. Semiárido. Rio Grande do Norte. Etnociência.

Ethnobotanical knowledge about the use of medicinal plants by residents of the agricultural village Pomar in Mossoró/RN, Brazil

Abstract - Ethnobotanical surveys of traditional rural communities seek to rescue popular knowledge and establish a bridge with the scientific environment. Several species of human importance are used

in traditional medicine in rural communities in the Caatinga. In this way, the present work carried out the list of medicinal plants used by the rural community of the agricultural village Pomar, in the Maisa settlement in Mossoró/RN, aiming to make a diagnosis of the plants used and their proven effects in the scientific bibliography. 20 families selected by the “snowball” method were interviewed. It was observed that medicinal plants have a highly disseminated use in the community, especially in older people. 34 species belonging to 24 botanical families were cited, with the highest citation index for *Mentha* sp. (Menta), *Cymbopogon citratus* (Capim-santo), *Psidium guajava* (Goiabeira), *Melissa officinalis* (Cidreira) and *Waltheria indica* (Malva). The use of mixtures of formulas of medicinal herbs popularly called “garrafadas” was registered. The list produced was compared with data from similar studies in Latin America looking for the main species in common. It is concluded that the studied community makes considerable use of medicinal plants for the treatment of illnesses and that the listed plants have a great wealth of activities.

Keywords: Traditional Knowledge. Folk Medicine. Semiárid. Rio Grande do Norte State. Ethnoscience.

Conocimiento etnobotánico sobre el uso de plantas medicinales por habitantes de la aldea agrícola Pomar en Mossoró/RN, Brasil

Resumen - Los relevamientos etnobotánicos de comunidades rurales tradicionales buscan rescatar saberes populares y establecer una puente con el medio científico. Existen varias especies de importancia humana que se utilizan en la medicina tradicional en comunidades rurales de la Caatinga. De esta manera, el presente trabajo realizó la lista de plantas medicinales utilizadas por la comunidad rural de la aldea agrícola Pomar, en el asentamiento Maisa en Mossoró/RN, con el objetivo de hacer un diagnóstico de las plantas utilizadas y sus efectos comprobados en la bibliografía científica. Fueron entrevistados 20 familias seleccionadas por el método “bola de nieve”. Se observó que las plantas medicinales tienen un uso muy difundido en la comunidad, especialmente en las personas más viejas. Se citaron 34 especies pertenecientes a 24 familias botánicas, con el mayor índice de citación para *Mentha* sp. (Menta), *Cymbopogon citratus* (Capim-santo), *Psidium guajava* (Goiabeira), *Melissa officinalis* (Cidreira) y *Waltheria indica* (Malva). Se registró el uso de mezclas de fórmulas de hierbas medicinales conocidas popularmente como “garrafadas”. La lista producida se comparó con datos de estudios similares en América Latina buscando las principales especies en común. Se concluye que la comunidad estudiada hace un uso considerable de plantas medicinales para el tratamiento de enfermedades y que las plantas listadas poseen una gran riqueza de activos.

Palabras-clave: Conocimiento tradicional. Medicina popular. Semiárido. Rio Grande do Norte. Etnociencia.

Introdução

Ao longo dos tempos, em seu desenvolvimento, o ser humano veio se utilizando de espécies vegetais para as mais variadas funções, tais como tratamento de doenças, alimentação e construção civil (Pereira et al. 2021). No Brasil, essa prática ainda é bastante preponderante, e tal fato se deve em grande parte aos ensinamentos indígenas miscigenados com os conhecimentos africanos e europeus, e a considerável quantidade de comunidades rurais presentes no país (IBGE 2010; Novaes e Novaes 2021). Além disso, o Brasil conta com uma enorme biodiversidade em todas as suas regiões, o que intensifica mais ainda a possibilidade de uso de recursos vegetais pelas pessoas.

O semiárido é uma dessas regiões brasileiras de grande biodiversidade, em que a caatinga é o bioma dominante, sendo considerada um tipo de ecossistema único, devido ao número considerável de espécies raras e endêmicas (Pereira Júnior et al. 2014). Segundo Fernandes et al. (2019), foram registradas nesse bioma 3347 espécies, 962 gêneros e 153 famílias de angiospermas. Contudo, devido ao menor conhecimento sobre esse bioma, em relação a outros ecossistemas brasileiros, muitas pessoas ainda menosprezam sua biodiversidade (Lucena et al. 2020). Embora alguns autores ainda mencionem uma falta de conhecimento acerca desse bioma, muitas pesquisas já apontam que, a cada ano, se conhece mais sobre a caatinga e são produzidos mais trabalhos sobre esse bioma como os de Oliveira et al. (2023) e Silva e Siqueira (2023).

Dentre esses trabalhos, estão os levantamentos etnobotânicos de comunidades tradicionais dessa região, como os estudos de Carvalho et al. (2020) e Rodrigues e Andrade (2014). A etnobotânica é uma área do conhecimento que procura estabelecer uma ponte entre o conhecimento popular de comunidades tradicionais e a ciência, dessa forma procurando aprimorar esse conhecimento a fim de beneficiar as comunidades (Suruí e Dias 2020). Devido a pouca disponibilidade da medicina “científica” nessas comunidades, são conservadas diversas práticas médicas naturais, utilizando-se de plantas medicinais para o tratamento de muitas enfermidades (Ribeiro et al. 2014).

Há várias espécies que são utilitárias para o ser humano e que são utilizadas na medicina tradicional em comunidades rurais (Rodrigues et al. 2021). Tal conhecimento cultural, segundo Maia e Sobrinho (2019), assegura também a conservação da diversidade biológica (entendida como diversidade de espécies e de ecossistemas), uma vez que há a conservação de espécies significativas para a utilização pela comunidade. Contudo, apesar de haver diversos trabalhos com listas etnobotânicas, que são realizados a partir da catalogação das plantas pelos pesquisadores, as quais foram citadas na pesquisa com a comunidade (Ribeiro et al. 2014), é visto que se faz necessário maior detalhamento de como essas plantas são usadas pela população para que a pesquisa possa ter uma utilidade maior em análises futuras (Camelo et al. 2014). Além do mais, o Brasil é muito grande territorialmente, e mesmo no município de Mossoró, ainda se necessita de informações acerca de plantas utilizadas pelas comunidades rurais locais.

Em vista desses fatos, o presente trabalho realizou a listagem de plantas medicinais utilizadas pela comunidade rural da agrovila Pomar no assentamento Maisa em Mossoró/RN, utilizando-se da problemática: “Existe um vasto conhecimento sobre plantas medicinais nesse local?”, sob o objetivo de investigar o conhecimento sobre o uso dessas plantas neste local e comparar os efeitos das principais plantas ditas pela população com a bibliografia científica.

Material e métodos

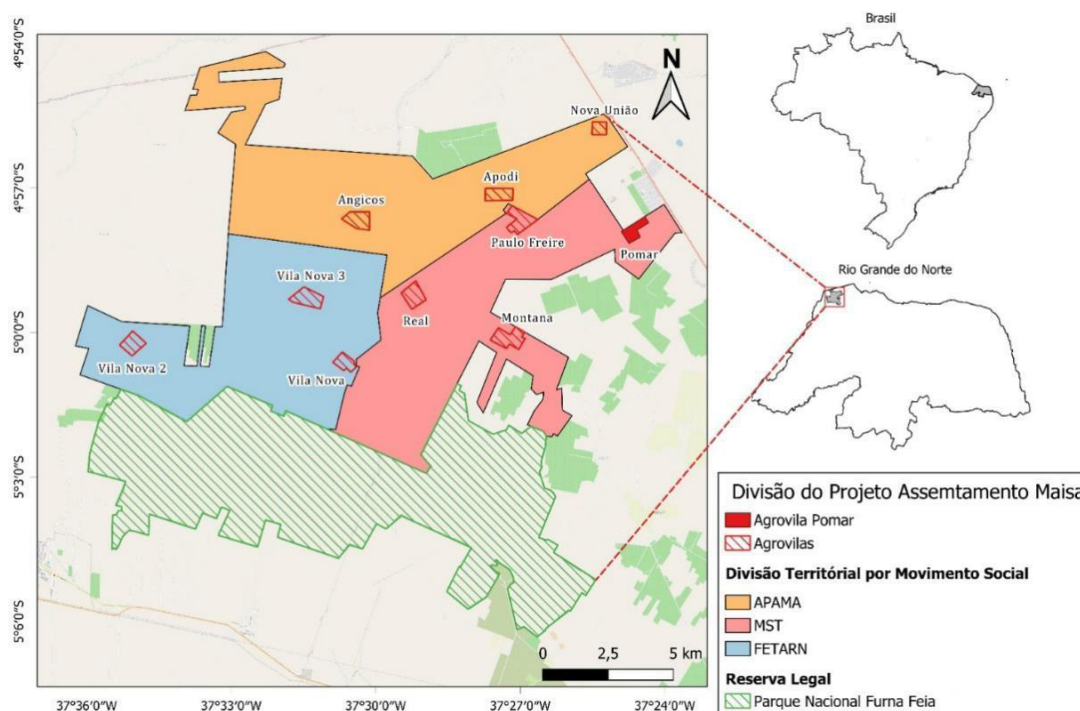
Caracterização da área de estudo

O trabalho foi elaborado na agrovila Pomar, no assentamento Maisa, zona rural de Mossoró/RN (Figura 1). O assentamento Maisa foi desenvolvido no ano de 2003, após o encerramento das atividades da Mossoró Agroindustrial Sociedade Anônima (MAISA), agroindústria produtora de caju e melão para exportação (Cerqueira 2017; Medeiros et al. 2021). Foi realizado no assentamento a primeira experiência de planejamento físico-ambiental de assentamentos “de reforma agrária” liderado pela AESCA (Associação Estadual de Cooperação Agrícola do Estado do Rio Grande do Norte) (Cerqueira 2017). Foram assentadas 1.150 famílias dos movimentos sociais FETARN (Federação Estadual dos Trabalhadores da Agricultura do Rio Grande do Norte), APAMA (Associação dos Produtores da Antiga Maisa) e MST (Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra). As agrovilas Pomar, Apodi, Real e Montana foram destinadas a 400 famílias do MST (Cerqueira 2017), alinhadas ao desenvolvimento de atividades agrícolas tradicionais.

A agrovila Pomar está localizada em torno da BR-405, que liga as cidades de Mossoró/RN e Fortaleza, capital do Ceará. A comunidade encontra-se a aproximadamente 31 km de distância do centro urbano de Mossoró, e 36 km de Tibau/RN, dependendo do suporte de ambas cidades aos serviços de saúde. Possui escolas de nível fundamental e médio, localizadas na vila central do assentamento, todavia, é assistida aos serviços de educação do centro urbano de Mossoró, atendido pelo transporte público escolar.

O espaço estudado está localizado em zona de caatinga no semiárido nordestino, que se caracteriza por possuir dois tipos de vegetação: caatinga hiperxerófila e carnaubal (IDEMA 2008). O clima predominante é seco e quente ao longo de grande parte do ano, interrompendo-se somente nos poucos meses do outono com as mudanças na paisagem vegetal local ocasionadas pelas chuvas (Dias et al. 2014).

Figura 1. Mapa de divisão do Projeto Assentamento Maisa, Mossoró-RN.



Coleta e análise de dados

A coleta de dados se deu por meio de entrevistas com a população local da agrovila (utilizando-se de TCLE e respeitando a liberdade de participação dos entrevistados), conservando a privacidade e o sigilo dos participantes. Nessas entrevistas foram coletadas as idades dos participantes, se eles usam ou não plantas medicinais, e por último foi utilizado o método de lista livre, a partir do qual o entrevistado listou as plantas medicinais conhecidas e utilizadas por sua família e com qual finalidade cada planta era utilizada (Albuquerque et al. 2010). Nesta etapa, objetivou-se conseguir uma amostra de 15 famílias, visando obter um número considerável de plantas medicinais utilizadas e uma amostra que represente essa população. Esse projeto foi submetido e aprovado pelo comitê de ética da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, com parecer de número 5.594.859, tendo em vista que se utilizou de dados extraídos da comunidade em questão. O pesquisador foi de domicílio em domicílio colhendo as informações e avaliando o uso das plantas medicinais pelos participantes da pesquisa.

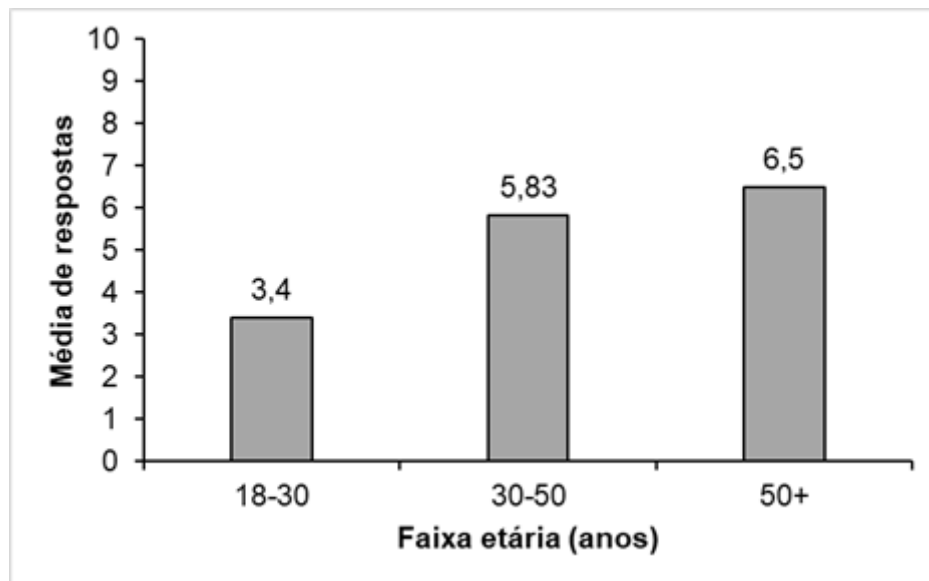
Foram entrevistadas no total 20 famílias selecionadas pelo método da “bola de neve”, em que se buscava a indicação entre as famílias que haviam especialistas da comunidade que guardassem a maior quantidade de conhecimento daquela região. Elas representaram 14,3% dessa população entre as 140 famílias que residiam na região (SUS 2022). Posteriormente a essa coleta de informações, deu-se início a segunda etapa do trabalho, em que foram separados os dados retirando a frequência relativa de citação para cada espécie de planta, que nada mais é do que o parâmetro de importância local das plantas listadas (Santos et al. 2022). As plantas foram identificadas por meio de registro fotográfico e auxílio de professores especialistas no Laboratório de Ecologia e Sistemática Vegetal - LESV/UERN. Foi realizada também uma pesquisa bibliográfica nos campos da Etnobotânica e Etnofarmacologia sobre as plantas citadas mais frequentes, procurando informações sobre bioativos que comprovem o seu uso eficaz. Essa análise se fez necessária devido aos perigos que o uso indiscriminado de determinadas plantas pode trazer para a saúde das pessoas que as consomem (Campos et al. 2020).

Resultados e discussão

Inicialmente foi perceptível que as plantas medicinais possuíam seu uso altamente difundido nessa comunidade, visto que somente 5% da amostra entre as famílias selecionadas, correspondente a uma família, não se utilizavam desse recurso continuamente ao ficarem enfermos, optando por remédios químicos sintéticos comprados em farmácias convencionais.

Em relação à faixa etária, foi visto que as pessoas que ofereceram maior variedade de resultados foram aquelas com mais de 50 anos, com uma média de 6,5 respostas por família (Figura 2), o que corrobora com Durão et al. (2021), os quais mencionam que os idosos são os principais detentores do conhecimento dessa área. Ademais, a faixa etária em que houve menores resultados foi a de 18 a 30 anos, que apresentaram em média 3,4 resultados por família, o que leva a concordar com os autores, no que compete ao fato das novas gerações estarem perdendo aos poucos o conhecimento tradicional, devido ao contato com os diversos meios de comunicação eletrônicos e a medicina sintética.

Figura 2. Taxa de citação de plantas medicinais por faixa etária na agrovila Pomar, zona rural de Mossoró-RN.



Ao todo, foram listadas 34 espécies de plantas. Destas, 58,82% eram plantas exóticas e 41,18% eram plantas nativas, esse resultado se assemelha ao que afirmam Silva Neto et al. (2019), em que é perceptível a presença nesses levantamentos de numerosas plantas exóticas de fácil cultivo e adaptação ao ambiente do bioma Caatinga.

Tratando-se de famílias botânicas, foram listadas espécies de 24 famílias (Tabela 1), com destaque para a Lamiaceae, Fabaceae e Rutaceae, que foram as que possuíram a maior quantidade de espécies citadas. Em parte, esses resultados podem ser explicados por Reis et al. (2023), onde foi visto em resultados essas mesmas famílias em destaque devido ao fato de que a predominância dessas famílias nessa região faz com que exista maior probabilidade do uso pela população.

As espécies com maior frequência relativa de citação foram *Mentha* sp. (Hortelã), *Cymbopogon citratus* (Capim-santo), *Psidium guajava* (Goiabeira), e *Melissa officinalis* (Cidreira), estas exóticas e naturalizadas, além destas, *Waltheria indica* (Malva), erva nativa abrangentemente difundida pelo trópico. Esses dados são bastantes semelhantes com os que obtiveram Tatagiba et al. (2019), em que também houve a alta frequência de citações de *Mentha* sp. e *M. officinalis*. Ademais, esse efeito pode ser explicado devido a essas espécies serem de porte herbáceo, as quais muitas vezes crescem como ervas daninhas e são resistentes a condições adversas ao mesmo tempo em que são ricas em suas propriedades (Silva et al. 2021).

Tabela 1. Plantas medicinais citadas pelos moradores da agrovila Pomar, Mossoró-RN.

Família/Espécie	Nome popular	Origem	FRC	Parte Utilizada/Usos	Efeito*
AMARANTHACEAE					
<i>Dysphania ambrosioides</i> (L.) Mosyakin & Clemants	Mastruz	Exótica	20%	Folhas misturadas com leite	Gripe, Articulações
AMARYLLIDACEAE					
<i>Allium sativum</i> L.	Alho	Exótica	10%	Bulbo, ingestão com manteiga, chá	Amigdalite, gripe
ANACARDIACEAE					
<i>Anacardium occidentale</i> L.	Cajueiro	Nativa	20%	Casca do caule em infusão	Cicatrizante, inflamações
<i>Astronium urundeuva</i> (M.Allemão) Engl.	Aroeira	Nativa	10%	Casca do caule em infusão ou lambedor	Cicatrizante, infecção urinária, inflamação, tosse
ARECACEAE					
<i>Cocos nucifera</i> L.	Coco	Exótica	5%	Óleo extraído da polpa do fruto	Cicatrizante, problemas no trato respiratório
ASPARAGACEAE					
<i>Aloe vera</i> (L.) Burm.f.	Babosa	Exótica	15%	Gel retirado das folhas	Manchas na pele, cicatrizante, antineoplásico
CHRYSOBALANACEAE					
<i>Microdesmia rigida</i> (Benth.) Sothers & Prance	Oiticica	Nativa	5%	Chá da casca do caule	Gripe
CRASSULACEAE					
<i>Kalanchoe daigremontiana</i> Raym.-Hamet & H. Perrier	Aranto	Exótica	5%	Folhas, Chá	Eliminação de miomas
EUPHORBIACEAE					
<i>Croton blanchetianus</i> Baill.	Marmeleiro	Nativa	10%	Casca do caule em infusão	Dor de barriga, dores em geral

Família/Espécie	Nome popular	Origem	FRC	Parte Utilizada/Usos	Efeito*
FABACEAE					
<i>Cenostigma nordestinum</i> Gagnon & G.P.Lewis	Catingueira	Nativa	5%	Flor, Produção do lambedor da folha	Chulé, Gripe, expectorante
<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Forsyth f.	Cumarú	Nativa	15%	Fruto e casca do caule, Cozimento e Chá	Sinusite, Gripe, Constipação
<i>Libidibia ferrea</i> (Mart. ex Tul.) L.P.Queiroz	Jucá	Nativa	5%	Infusão da casca do fruto	Inflamação
LAMIACEAE					
<i>Melissa officinalis</i> L.	Erva-cidreira	Exótica	35%	Folhas, Chá	Dores em geral, cefaléia, Indigestão
<i>Mentha</i> sp. L.	Hortelã	Exótica	60%	Folhas, Chá	Dor de cabeça, Febre, Gripe, AVC
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Alecrim	Exótica	5%	Folhas, Chá	Gripe
LAURACEAE					
<i>Cinnamomum verum</i> J.Presl	Canela	Exótica	5%	Chá da casca do caule	Diabetes
<i>Laurus nobilis</i> L.	Louro	Exótica	15%	Folhas, Chá	Diarreia, Dor de barriga
LINACEAE					
<i>Linum usitatissimum</i> L.	Linhaça	Exótica	5%	Semente, Chá, Ingestão da semente in natura	Inflamação na coluna, dores
LYTHRACEAE					
<i>Punica granatum</i> L.	Romã	Exótica	30%	Fruto, ingestão ou chá da casca do fruto	Amigdalite, gripe, inflamações
MALVACEAE					
<i>Waltheria indica</i> L.	Malva	Nativa	35%	Folhas, lambedor	Gripe
<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	Malvarisco	Exótica	5%	Folhas, Chá	Gripe
MORACEAE					
<i>Morus nigra</i> L.	Amora	Exótica	10%	Folhas, Chá	Diabetes, problemas nos rins

Família/Espécie	Nome popular	Origem	FRC	Parte Utilizada/Uso	Efeito*
MYRTACEAE					
<i>Eucalyptus</i> sp. L'Hér.	Eucalipto	Exótica	10%	Folhas, Chá, ingestão ou banho	Gripe, febre
<i>Psidium guajava</i> L.	Goiabeira	Exótica	35%	Folhas e Broto (Olho), Chá	Diarreia, Dor de Barriga, Coceira
PHYLLANTHACEAE					
<i>Phyllanthus acutifolius</i> Poir. ex Spreng.	Quebra-pedra	Nativa	5%	Folhas, Chá	Cálculo Renal
POACEAE					
<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf	Capim-santo	Exótica	35%	Folhas, Chá	Insônia, Febre, Calmante
RHAMNACEAE					
<i>Sarcomphalus joazeiro</i> (Mart.) Hauenschild	Juazeiro	Nativa	10%	Lambedor feito da casca do caule	Gripe, expectorante
RUTACEAE					
<i>Citrus aurantiifolia</i> (Christm.) Swingle	Limão-galego	Exótica	15%	Fruto, ingestão do sumo	Amigdalite, gripe
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Laranjeira	Exótica	5%	Chá da casca do fruto e da folha	Problemas no trato digestivo
<i>Ruta graveolens</i> L.	Arruda	Exótica	20%	Folhas, Chá	Menstruação, Dor de dente, Dor de ouvido
SAPOTACEAE					
<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T. D.Penn.	Quixabeira	Nativa	5%	Casca do caule em infusão	Cicatrizante
TURNERACEAE					
<i>Turnera subulata</i> Sm.	Xanana	Nativa	5%	Folhas, Chá	Infecção Urinária
VIOLACEAE					
<i>Pombalia calceolaria</i> (L.) Paula-Souza	Papaconha	Nativa	5%	Lambedor feito das folhas	Gripe
XIMENIACEAE					
<i>Ximenia americana</i> L.	Ameixa	Nativa	25%	Casca do caule em infusão	Cicatrizante, inflamações

FRC = frequência de citação; * Efeito segundo informações dos moradores.

Ademais, foi mostrado também que algumas pessoas faziam o uso e comércio de misturas feitas de fórmulas de ervas medicinais chamadas popularmente de “garrafadas”. Tais substâncias são produzidas por raizeiros locais e vendidas por toda região, porém seu uso carece de mais análises para se chegar a uma conclusão sobre a segurança de se ingerir esses compostos (Santos e Silva 2015).

Efeitos comprovados

Ameixa (*Ximenia americana* L.)

A ameixa é uma planta cosmopolita tropical com ocorrência no Nordeste Brasileiro (Rodrigues Júnior et al. 2021). Tal planta está presente no dia a dia das comunidades rurais de todo país (Santos et al 2019). É visto nos estudos com essa planta que tanto na casca do caule, como no óleo essencial extraído de suas folhas, está presente fenóis e taninos com atividades antimicrobianas, antisépticas, adstringentes (Dantas 2007) e citoprotetivas em úlceras gástricas (Delma et al. 2023). Além disso, nas cascas também estão presentes as saponinas com efeitos antimicrobianos e cicatrizante (Palma et al. 2020). Em relação às precauções de uso, se ingerida em altas doses, pode provocar sintomas como náuseas, dores abdominais, diarreia, dificuldade de respirar, vertigem, convulsões e até a morte (Matos 1987).

Aroeira (*Astronium urundeuva* (M.Allemão) Engl.)

A aroeira é uma planta nativa da caatinga altamente utilizada por populações tradicionais no tratamento de diversas doenças (Domingos e Silva 2020). Ela é uma planta que em sua casca possui alta concentração de flavonoides, terpinos e terpenos, que produzem o efeito adstringente, antisséptico, antibacteriano e antiviral dessa planta (Ribeiro 2018). Também pode-se citar a ação do alfa-pineno, que possui propriedades sedativa, antifúngica, antiacne, tranquilizantes e entre outras (Dantas 2007). Sobre os cuidados a serem tomados, ainda estão em estudos, porém ainda não se indica que gestantes façam uso da planta.

Arruda (*Ruta graveolens* L.)

A arruda é uma planta altamente difundida em diferentes categorias de usos etnobotânicos, tanto na parte ritualística religiosa, como na medicina tradicional e até na culinária de algumas culturas (Vieira e Fernandes 2021). Em relação aos estudos sobre seus efeitos, é visto na literatura que o flavonoide rutina provoca leves contrações no útero e estimula as fibras musculares, comprovando seus benefícios em mulheres com problemas relacionados à menstruação (Araújo et al. 2022). Em relação aos cuidados que se deve tomar com seu uso, mulheres grávidas não devem utilizar a planta, devido ao perigo de aborto, e seu uso em grande quantidade pode causar efeitos colaterais como cólicas, vômitos, hemorragias e convulsões (Gorril et al. 2016; Fernandes et al. 2016).

Babosa (*Aloe vera* (L.) Burm.f.)

A babosa é uma planta milenar usada pela humanidade desde os tempos antes de Cristo. Ela possui inúmeras utilidades, especificamente do gel encontrado no interior das folhas, que é anti-inflamatório,

por ação da substância acemanana. Também pode-se destacar o efeito antifúngico, a partir do catecol, o ácido cinâmico, o ácido ascórbico e o ácido cumárico, que são algumas das substâncias presentes e que combatem fungos parasitas (Freitas et al. 2014). Também pode-se destacar efeitos secundários da utilização dessa planta, como efeito hidratante de pele e cabelos pela grande quantidade de água que está presente no gel, além de uma considerável quantidade de aminoácidos e seu efeito em tratamento bucais (Dantas 2007; Delma et al. 2023) Contudo, também tem que se ter cuidado com seu uso oral dessa planta, principalmente gestantes, pois os antroquinônicos presentes possuem indícios de mutagênicos e causar desconfortos gastrointestinais (Souza et al. 2018).

Cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)

O cajueiro é uma planta originada no Brasil que está altamente difundida na medicina tradicional no nordeste desse país (Novaes e Novaes 2021). A ação terapêutica mais citada desta planta é a de anti-inflamatória, utilizando-se da sua casca (Santos et al. 2022). Dentre os seus princípios ativos, está o ácido tânico com ação antidermatológica, antidisentérica, antisséptica, adstringente e bactericida. Também está presente o betacaroteno, que possui ação contra espinhas, antitumoral, imunoestimulantes, entre outras (Dantas 2007). Em relação às precauções se suspeita que o óleo contido em suas folhas cause o efeito ansiogênico e panicogênico em gestantes, porém essa substância carece de mais pesquisas (Santos et al. 2022).

Capim-santo (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf)

A planta capim-santo é altamente difundida em ambientes de clima tropical. Ao amassar suas folhas, estas exalam um cheiro intenso de limão e possuem propriedades antiespasmódicas, analgésicas, bactericida, antimutagênica, sedativa e calmante (Oliveira e Santos 2021). Ela é normalmente consumida pelo ser humano como infusão das folhas comumente chamada de chá, ou por meio da extração do óleo essencial, o qual possui grande quantidade de substâncias do grupo monoterpenos, denominadas de Citrais, que estão em 65-80% do óleo. Tais substâncias são responsáveis pelo efeito calmante e sedativo do capim-santo sobre o sistema nervoso (Oliveira e Santos 2021). Ademais, o mirceno atua em afecções nervosas (Dantas 2007). Contudo, deve-se ter cautela no seu uso, pois o óleo essencial pode gerar alergias na pele de quem o manipula e sua utilização durante a gravidez não é indicada pois ele possui uma ação relaxante sobre o útero (Lima et al 2019).

Cumaru (*Dipteryx odorata* (Aubl.) Forsyth f.)

O cumaru é uma planta nativa comumente encontrada no Norte, Nordeste e Centro-oeste brasileiro, onde é utilizada com frequência como planta medicinal. Dentre os seus efeitos comprovados, está o de diaforético e sudorífico por meio do uso de suas sementes em infusão (Souza et al. 1991). Por meio do cozimento das sementes junto com os frutos pode-se produzir um medicamento com propriedades anestésicas que pode ser utilizado no tratamento de problemas cardíacos e respiratórios (Ribeiro e Galvão 2022). Ademais, com a casca pode-se fazer uma infusão usada no combate a gripes e resfriados (Silva et al. 2018).

Erva-cidreira (*Melissa officinalis* L.)

A erva-cidreira é uma planta exótica de origem europeia que é amplamente cultivada no Brasil (Silva et al. 2021). Segundo Masiero et al. (2021), a infusão das folhas dessa planta funciona como calmante para o sistema nervoso, analgésico para cefaleia, tem ação digestiva e laxante. Ademais, o uso do óleo essencial pode ser de grande ajuda com dores musculares se aplicado na região devido a interação do citral com o mirceno (Nobrega et al. 2022). Entretanto, foi visto em estudo casos de dermatite em contato com a folha (Nascimento et al. 2022), também pessoas com problemas na tireoide devem ter cautela no uso da planta devido a ação de inibição de alguns hormônios que ela possui, e por último sua ingestão pode diminuir a ativação de diuréticos, concluindo que pessoas dependentes desse tipo de fármaco utilize a cidreira com moderação (Paixão et al. 2016).

Goiabeira (*Psidium guajava* L.)

A goiabeira é uma árvore exótica amplamente difundida no mundo. Seu uso medicinal está principalmente ligado a ação antidiarreica, sua casca e broto possuem uma grande quantidade de taninos agindo na inibição da diarreia, afecções estomacais, e ferimentos na pele (Rocha et al. 2020). Também não foram encontradas contraindicações de seu uso.

Hortelã (*Mentha* sp.)

Todo o gênero *Mentha* já foi submetido a vários estudos e é altamente conhecido por seus benefícios para diversos problemas. Devido a suas propriedades já verificadas, a hortelã é uma das espécies presentes na lista de plantas de interesse medicinal do SUS (Ferreira et al. 2021). Ela é mais comumente ingerida por meio de chás como foi mostrado nos resultados da pesquisa. O composto mentol presente em suas folhas possui atividade analgésica, anestésica, anti-inflamatória, anti-bronquite, miorelaxante, depressor do sistema nervoso central, anti-sinusite e também substância linalol presente também possui ação antiviral, bactericida e antisséptica (Dantas 2007). Portanto, é comprovável a ação dessa planta nas enfermidades citadas na tabela 1 do presente trabalho. Em relação às contraindicações, não foram encontradas na bibliografia.

Louro (*Laurus nobilis* L.)

Amplamente utilizada como planta ornamental, o louro é uma planta asiática com diversos ativos e grande potencial medicinal (Corrêa 2017). O seu óleo essencial possui diversas propriedades devido aos compostos presentes tais como linalol, α -terpineol e outros monoterpenos hidrogenados, que ao serem testados apresentaram ação antibacteriana e antifúngica, além de atividade larvicida em determinados insetos vetores como o *Aedes aegypti* (Fernandez 2014). Ademais, um dos compostos aromáticos presente no óleo denominado eugenol se mostrou como anestésico natural eficaz para o manejo de peixes marinhos no estudo de Souza et al. (2015). Não foram encontradas precauções sobre seu uso.

Malva (*Waltheria indica* L.)

Estudos de Laczko et al. (2020) com o extrato bruto da malva demonstraram que as folhas dessa planta possuem ação anti-inflamatória por meio do controle da expressão de citocinas pró-inflamatórias (1L-1 β , TNF- α), em razão do efeito inibitório do fator nuclear kappaB (NFkB). Não foram encontradas contraindicações em relação ao uso da planta nessa pesquisa.

Marmeleiro (*Croton blanchetianus* Baill.)

O *Croton blanchetianus*, planta nativa, destaca-se entre as outras espécies do gênero *Croton* por apresentar diversas propriedades fitoquímicas que podem ser usadas de forma ampla (Vasconcelos et al. 2022). Segundo Souza (2014), aconteceram alguns estudos *in vitro* com os extratos da planta que mostraram a presença de derivados de ácidos beyerenóico e secotracilobanóico, que são substâncias que apresentam ação antimicrobiana sobre diversas bactérias, entre elas o *Staphylococcus aureus*. Além disso, o tanino presente na casca e folha apresenta ação antiviral, antisséptica, anti-encefálica, adstringente e bactericida, entre outras ações. Em relação às contraindicações, deve-se ter cuidado somente com a presença do pineno, que é um composto alergênico e causa irritação em algumas pessoas (Dantas 2007).

Mastruz (*Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin & Clemants)

O mastruz é uma das plantas medicinais presentes na lista de interesse do SUS. Ela possui diversos efeitos conhecidos e testados, os dois mais citados são o efeito anti-helmíntico e anti-inflamatório (Gomes 2018). Ferreira et al. (2015) em seus estudos verificaram no óleo essencial do mastruz a presença de compostos fenólicos, taninos, catequinas e flavononas, tal óleo ao ser testado em camundongos foi evidenciado também propriedades antibacterianas. Santana et al. (2020) em sua pesquisa revela através da análise *in silico* que o ascaridol, composto predominante no óleo essencial, apresenta baixo potencial toxicológico, mas ressalta a necessidade de um melhor estudo para determinar o perfil toxicológico do mastruz *in vivo*.

Romã (*Punica granatum* L.)

A romã é uma planta altamente difundida no país, em especial no Nordeste (Rodrigues 2020). Essa planta, segundo Dantas (2007), pode ser aproveitada totalmente para fins terapêuticos. Em relação aos seus princípios ativos, ela é uma planta rica em taninos (20-28%), os quais possuem, de acordo com Souza Junior et al. (2019), ação adstringente, antisséptica, antiviral, antimicrobiana, hemostático e bactericida. Além disso, o ácido cítrico presente no fruto tem efeito antiapático, anticálculos, antioxidante e hemostático (Duke 1992). Todavia, deve-se ter cautela, pois essa planta em grandes doses pode provocar cólicas, vômitos e diarreias. Também deve-se considerar a cautela com o uso por gestantes, tendo em vista que a romã possui alcaloides tóxicos e também niacina, que tem princípio alérgico (Dantas 2007).

Além das plantas mais frequentes e seus efeitos listados, foram citados pela população alguns efeitos que não foram encontrados na pesquisa bibliográfica, como o da flor da Catingueira (*Cenostigma nordestinum* Gagnon & G.P.Lewis) no tratamento da bromidose (chulé) e também o uso do Aranto

(*Kalanchoe daigremontiana* Raym.-Hamet & H. Perrier) no tratamento de miomas e tumores uterinos formados por tecido muscular, mas que causam incômodos nas mulheres.

Pode-se fazer um comparativo dessa região também com trabalhos realizados em outros países da América Latina como por exemplo Guadalupe e Alberto (2021) realizada em uma comunidade tradicional no Equador, onde embora existam espécies particulares daquela região ainda existam principais espécies utilizadas em comum com esse trabalho como por exemplo a *Aloe vera*, a *Psidium guajava* e a *Ruta graveolens*. O mesmo pode-se constatar comparando esse trabalho com o de Martínez et al. (2021) feito em uma reserva comunitária na Argentina onde mesmo com a existência de espécies nativas daquela região, pode-se constatar de maneira significativa a presença de espécies em comum como a *Aloe vera*, *Punica Granatum* e os gêneros *Mentha* sp. e *Croton* sp..

Conclusão

De acordo com o que foi apresentado, pode-se inferir que a agrovila Pomar localizada no assentamento Maisa em Mossoró/RN, utiliza-se de plantas medicinais no seu cotidiano. Pode-se inferir também que as principais plantas medicinais utilizadas pela população avaliadas por meio da frequência relativa de citação, são plantas que possuem efeitos positivos em relação às atividades biológicas dos seus ativos, contudo se faz necessário mais trabalhos sobre as contraindicações e controle de qualidade dessas substâncias. Ademais, conclui-se que são necessários mais estudos sobre as ditas “garrafadas” comercializadas na região da comunidade, e por fim que essa comunidade guarda um importante legado de conhecimentos sobre plantas medicinais no interior do Rio Grande do Norte.

Agradecimentos

À Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, ao Departamento de Ciências Biológicas, ao Laboratório de Ecologia e Sistemática Vegetal e todos que o compõe pelas contribuições e companheirismo, aos professores Dr. Ramiro Gustavo Valera Camacho, Dra. Marciana Bizerra de Moraes e Me. Francisco Fábio Mesquita Oliveira pelas contribuições ao trabalho.

Participação dos autores: MVDS - Conceitualização, curadoria de dados, análise formal, investigação, visualização e redação – rascunho original; LEMO - conceitualização, curadoria de dados, análise formal, investigação, visualização e redação – rascunho original; MLLL - visualização, validação e redação – revisão e edição; DNNS - conceitualização, visualização, supervisão e redação – revisão e edição.

Aprovação ética ou licenças de pesquisa: A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, sob o número do parecer: 5.594.859 e CAAE 60587522.8.0000.5294.

Disponibilidade dos dados: Os dados desta pesquisa estão disponíveis no repositório físico no Departamento de Ciências Biológicas da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

Fomento: sem fontes de fomento.

Conflito de interesses: Os autores declaram que não houve conflito de interesse para o referido trabalho.

Referências

- Albuquerque, UP de, Lucena, RFP de, Alencar, NL. Métodos e técnicas para coleta de dados etnobiológicos. Métodos e técnicas na pesquisa etnobiológica e etnoecológica, v. 1, 2010.
- Araújo JIR, Oliveira JHP, Silva JWV, Silva DTC, Soares MFLR, Soares-Sobrinho JL. 2022. Analytical methods for evaluating the stability of rutin and analyzing the formation of its degradation products: a review. Research, Society and Development 11(12):e399111234657. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i12.34657>.
- Camelo ALM, Oliveira FC, Silva FFM, Souza FTC, Longhinotti E. 2014. Análise comparativa da composição química volátil de amostras do Alecrim in natura com a disponível comercialmente. Holos 5:191-198. DOI: <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2014.2082>.
- Campos PSS, Correia R, Marisco G. 2020. Plantas Medicinais Utilizadas por Quilombolas na Gestação e Lactação, e Riscos no Uso Indiscriminado. Revista Contexto & Saúde 20(40):236-243. DOI: <https://doi.org/10.21527/2176-7114.2020.40.236-243>.
- Carvalho CS, Gomes PN, Lopes LS, Aragão MCS, Abreu LP, Silva MM. 2020. Levantamento etnobot nico na Comunidade Rural de Santa Marta, Município de Corrente, Estado do Piauí, Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade 7(17):1483-1498. DOI: [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2020\)071728](https://doi.org/10.21438/rbgas(2020)071728).
- Cerqueira MCT. 2017. Projeto de assentamento Maisa: conflito entre os saberes técnico e popular no processo de planejamento físico-espa al do seu habitat. Paranoá 17(17). DOI: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n17.2016.11>.
- Corrêa RS. 2017. Caracteriza o dos constituintes químicos e avalia o in vitro dos óleos essenciais de *Laurus nobilis*, *Illicium verum* e *Origanum vulgare* sobre *Rhipicephalus microplus*. Programa de Pós-Gradua o Stricto Sensu (Mestrado em Biociência Animal), Cuiabá, 53 p.
- Dantas IC. 2007. O Raizeiro. Campina Grande: EDUEP, 539 p.
- Delma ET Ou draogo M, Ou draogo AS, Nikiema AW, Abdoulaye Gambo M, Ramde N, Youl EN, Sanou-Lamien A, Lompo OM, Guissou PI. 2023. Antiulcer Effect of Aqueous Ethanolic Extracts of *Pseudocedrela kotschyi* (Schweinf) Harms (Meliaceae) and *Ximenia americana* L. (Olacaceae). J Exp Pharmacol 15:231-240. DOI: <https://doi.org/10.2147/JEPS393168>.
- Dias PMS, Diodato MA, Grigio AM. 2014. Levantamento fitossociológico de remanescentes florestais no município de Mossoró-RN. Revista Caatinga 27(4):183-190.
- Domingos FR, Silva MAP. 2020. Use, knowledge and conservation of *Myracrodruon urundeuva*: a systematic review. Research, Society and Development 9(11):e2329118851. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.8851>.
- Duke JA. 1992. Handbook of phytochemical constituents of gras herbs and other economic plants. Boca Raton; FL. CRC Press. Disponível em: <http://probe.nal.usda.gov:8300/cgi-bin/webace?>. Acesso em: 14 de set de 2022.
- Durão HG, Costa KG, Medeiros M. 2021. Etnobotânica de plantas medicinais na comunidade quilombola de Porto Alegre, Cametá, Pará, Brasil. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais 16(2):245-258. DOI: <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v16i2.191>.
- Fernandes COM, Félix SR, Nobre MO. 2016. Toxicidade dos fitoterápicos de interesse do SUS: uma revisão. Semina: Ciências Biológicas e da Saúde 37(1):91-104, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0367.2016v37n1p91>.
- Fernandes MF, Cardoso D, Queiroz LP. 2019. An updated plant checklist of the Brazilian Caatinga seasonally dry forests and woodlands reveals high species richness and endemism. Journal of Arid Environments, 174(104079):1-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.104079>.
- Fernandez CMM. 2014. Avalia o da composi o química e atividades biológicas do óleo essencial de *Laurus nobilis* L. (Lauraceae). Disserta o (Mestrado - Programa de Pós-Gradua o em Ciências Farmacêuticas) Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 51 f.

Ferreira, NLF Aquino PEA, Nascimento EM, Oliveira CDM, Tintino SR, Figueredo FG, Silva MR, Veras HNH, Grangeiro ARS, Menezes IRA. 2015. Efeito antibacteriano e anti-inflamatório tóxico do extrato metanólico de *Chenopodium ambrosioides* L. Revista Fitos 9(2):73-159. DOI: <https://doi.org/10.5935/2446-4775.20150009>.

Ferreira SAM, Romário-Silva D, Oliveira PAP, Sette-de-Souza PH, Rodrigues AC, Silva, ACB. 2021. Plantas medicinais: conhecimento e uso por usuários de Unidades Básicas de Saúde em Araruna - PB, Brasil. ARCHIVES OF HEALTH INVESTIGATION 10(8):1231-1236. DOI: <https://doi.org/10.21270/archi.v10i8.5096>.

Freitas VS, Rodrigues RAF, Gaspi FOG. 2014. Propriedades farmacológicas da *Aloe vera* (L.) Burm. f. Revista brasileira de plantas medicinais 16:299-307. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722014000200020>.

Gomes LN. 2018. Efeito do Extrato de *Dysphania ambrosioides* (L.) na resposta de Neutrófilos Humanos. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde/CCBS) Universidade Federal do Maranhão, São Luís. 87 f.

Gorril LE, Jacomassi E, Junior SEM, Dalsenter PR, Junior AG, Lourenço ELB. 2016. Risco das plantas medicinais na gestação: uma revisão dos dados de acesso livre em língua portuguesa. Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR 20(1). DOI: <https://doi.org/10.25110/arqsaude.v20i1.2016.5515>.

Guadalupe S, Alberto L. 2021. Conhecimento ancestral de plantas medicinais na comunidade de Sahuangal, freguesia de Pacto, Pichincha, Ecuador. Vive Revista de Salud 4(10):72-85. DOI: <https://doi.org/10.33996/revistavive.v4i10.77>.

IBGE. 2010. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 17 de setembro de 2022.

IDEMA. 2008. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte. Perfil do seu município. Natal 10, 24 p.

Laczko R, Chang A, Watanabe L, Petelo M, Kahaleua K, Bingham JP, Csiszar K. 2020. Anti-inflammatory activities of *Waltheria indica* extracts by modulating expression of IL-1B, TNF- α , TNFR2 and NF- κ B in human macrophages. Inflammopharmacology 28(2):525-540. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10787-019-00658-6>.

Lima MB, Santos SLF, Barros KBNT, Vasconcelos LMO, Pessoa CV. 2019. Plantas medicinais utilizadas por gestantes em unidades básicas de saúde. Revista UNIANDRADE 20(2):90-97. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1519-5694.20180011>.

Lucena LS, Araújo ML, Alencar ÂML, Lima MF, Sobrinho ACN. 2020. O imaginário ambiental sobre o Bioma Caatinga por alunos de um curso de graduação em Ciências Biológicas. In: Santos F. (Org.), Meio Ambiente em Foco - Volume 12, Belo Horizonte - MG: Poisson, p. 8-12.

Maia GN. 2004. Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades. São Paulo: D&Z computação gráfica e editora, 1nd ed., 412 p.

Maia SGC, Sobrinho SB. 2019. Análise etnobotânica da estrutura de quintais na fronteira Brasil/Paraguai. Ethnoscintia - Brazilian Journal of Ethnobiology and Ethnoecology 4(1):1-17 DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/ethnoscintia.v0i0.10260>.

Martínez G, Audisio C, Lujan, MC. 2021. Las plantas medicinales, patrimonio natural y cultural de la Reserva Hídrica Natural y Recreativa Bamba, La Calera, Córdoba, Argentina. Boletín Latinoamericano Y Del Caribe De Plantas Medicinales Y Aromáticas 20(3):270-302. DOI: <https://doi.org/10.37360/blacpma.21.20.3.21>.

Masiero MA, Viana CMSS, Lupepsa CT, Silva FR, Almeida GMC, Tombolato JP, Lima DM. 2021. Propagação vegetativa de *Melissa officinalis* L. por estaquia. Biodiversidade 20(1):122-128.

Matos JMD. 1987. As plantas que curam também podem matar. Fortaleza: Imprensa Universitária, 128 p.

Medeiros KN, Nunes EM, Ramalho SM. 2021. Da Modernização Agrícola à Dinâmica de Desenvolvimento Rural: O Assentamento Maisa, Rio Grande Do Norte. Revista Grifos 30(54): 129-156. DOI: <https://doi.org/10.22295/grifos.v30i54.5944>.

- Moraes-Ornellas, VS. 2022. Observações sobre abordagens da fauna silvestre na Educação Ambiental Crítica e transformadora. REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental 39(3):268-287. DOI: <https://doi.org/10.14295/remea.v39i3.14880>.
- Nascimento PI, Oliveira YS, Franco JVV, Gaudioso KGC, Leão NML, Suzuki MT, França Júnior MF, Conceição OS, Sousa SF, Pereira MAB. 2022. In silico analysis of the toxicity of *Mellissa officinalis* L. metabolites in order to obtain new drugs. Research, Society and Development 11(16):e114111637606. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i16.37606>.
- Nobrega JCS, Batista AVA, Silva OS, Belchior VCS, Lacerda WA, Belchior SMS. 2022. Medicinal plants in the treatment of anxiety and depression: A review. Research, Society and Development 11(1):e5511124024. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.24024>.
- Novaes TER, Novaes ASR. 2021. Análise dos potenciais medicinais do cajueiro (*Anacardium occidentale* Linn): uma breve revisão. Research, Society and Development 10(1):1-7. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11838>.
- Oliveira CCA, Santos JS. 2021. Active compounds of lemon grass (*Cymbopogon citratus*): a review. Research, Society and Development 10(12):e263101220281. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20281>.
- Oliveira DG, Prata APN, Ferreira RA, Jesus JB, Gama DC. 2023. Análise da estrutura fitossociológica e diversidade florística da vegetação arbustivo-arbórea em um fragmento de caatinga no estado de Sergipe. Revista Agroecossistemas 15(1):1-21. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/ragros.v15i1.11342>.
- Paixão JA, Conceição RS, Santana Neto AF, Araujo Neto JF, Santos US. 2016. Levantamento bibliográfico de plantas medicinais comercializadas em feiras da Bahia e suas interações medicamentosas. Revista Eletrônica de Farmácia 13(2):71-81. DOI: <https://doi.org/10.5216/ref.v13i2.35942>.
- Palma AFM, Marques LKM, Carneiro RS, Carvalho GFS, Ferreira DCL, Sant'Ana AEG, Maia-Filho ALM, Marques RB, Alves WS, Uchôa VT. 2020. Evaluation of Hydroalcoholic Extracts of Stem and Leaves of *Ximenia Americana* L. in the Healing of Excisional Acute Wounds in Mice. Revista Virtual de Química 12(1):37-50. DOI: <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20200005>.
- Pereira Júnior LR, Andrade AP, Araújo KD, Barbosa AS, Barbosa FM. 2014. Espécies da Caatinga como alternativa para o desenvolvimento de novos fitofármacos. Floresta e Ambiente 21(4):509-520. DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.024212>.
- Pereira K, Lima MA, Souza GO. 2021. Native plants from the Amazon region: an integrative review of their application in herbal medicine. Research, Society and Development 10(14):e313101422333 DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22333>.
- Reis HS, Paz CD, Cocozza FDM, Oliveira JGA, Silva MAV. 2023. Plantas Medicinais da Caatinga: uma revisão integrativa dos saberes etnobotânicos no semiárido nordestino. Arquivos de Ciências da Saúde da Unipar 27(2):874-900. DOI: <http://dx.doi.org/10.25110/arqsaude.v27i2.2023-020>.
- Ribeiro DA, Macêdo DG, Oliveira LGS, Saraiva ME, Oliveira SF, Souza MMA, Menezes IRA. 2014. Potencial terapêutico e uso de plantas medicinais em uma área de Caatinga no estado do Ceará, nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Plantas Medicinais 16:912-930. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-084X/13_059.
- Ribeiro EE. 2018. Análise fitoquímica de extratos da casca de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae). Monografia (Graduação em Farmácia) Escola de Farmácia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 56 f.
- Ribeiro MR, Galvão EFC. 2022. Traditional knowledge as folk medicine for health care in a riverside community in the interior of the Amazon. Research, Society and Development 11(15):e402111537312. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i15.37312>.
- Rocha SF, Santos CP, Nina MM, Nascimento LDS, Lima RA. 2020. Aspectos característicos, químicos e funcionais da espécie *Psidium guajava* L.: um estudo bibliográfico. Journal of Biotechnology and Biodiversity 8(4):326-332. DOI: <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v8n4.rocha>.

Rodrigues AP, Andrade LHC. 2014. Levantamento etnobotânico das plantas medicinais utilizadas pela comunidade de Inhamã, Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais* 16:721-730. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-084x/08_159.

Rodrigues ES, Brito NM, Oliveira VJS. 2021. Estudo etnobotânico de plantas medicinais utilizadas por alguns moradores de três comunidades rurais do município de Cabaceiras do Paraguaçu/Bahia. *Biodiversidade brasileira* 11(1):1-16. DOI: <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v11i1.1645>.

Rodrigues Júnior FA, Alves WS, Uchôa VT, Franco CHS, Araújo MECS, Carvalho GFS, Carneiro RS, Maia Filho, ALM. 2021. Effects of *Ximenia americana* L. extract associated with corticoid and exercise in the treatment of chronic obstructive pulmonary disease induced in *Rattus norvegicus*. *Research, Society and Development* 10(11):e202101119500. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19500>.

Rodrigues SS. 2020. Atividade antifúngica das espécies *Punica granatum* L.(romã) e *Schinus terebinthifolius* (aroeira) no combate a candidíase oral: uma revisão de literatura. Trabalho de conclusão do curso (Bacharelado em Farmácia) Faculdade Maria Milza, Governador Mangabeira-BA, 39 f.

Santana MTP, Santos TA, Gomes LL, Oliveira HMBF, Guênes GMT, Alves MASG, Penha ES, Anjos RM, Oliveira VF, Sousa AP, Oliveira Filho AA. 2020. Evaluation of in silico toxicity of monoterpene ascaridol. *Research, Society and Development* 9(5):e159953094. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i5.3094>.

Santos L, Silva HCH. 2015. Levantamento de plantas medicinais utilizadas em garrafadas no assentamento Rendeira em Girau do Ponciano-Alagoas: implicações para conservação de espécies lenhosas. *Revista Ouricuri* 5(2):81-104.

Santos MHB, Farias JC, Vieira IR, Barros RFM. 2022. Plantas Medicinais Usadas para Doenças do Sistema Respiratório em Mercados Públicos do Nordeste do Brasil. *Revista Ethnoscintia* 7(3):62-76. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/ethnoscintia.v7i3.120004>.

Santos MV, Vieira IR, Sailva MFS, Andrade ID. 2019. Comercialização de plantas medicinais nos mercados públicos do município de Parnaíba, Piauí, Brasil. *Espacios* 40(22):1-13.

Santos TWM, Barboza MLBM, Cavalcanti MLF. 2022. Importância do Cajueiro roxo (*Anacardium occidentale* L.) para as abelhas e na etnomedicina da Paraíba. *Open Minds International Journal* 3(3):35-50. DOI: <https://doi.org/10.47180/omij.v3i3.179>.

Silva AA, Santos LE, Cruz GS, Ribeiro RBS, Gama JRV. 2018. Potencial de comercialização de produtos florestais não madeireiros na área de manejo da Reserva Extrativista Tapajós Arapiuns. *Acta Tecnológica* 13(1):45-63. DOI: <https://doi.org/10.35818/acta.v13i1.600>.

Silva AIA, Siqueira CG. 2023. Diversidade enzimática de fungos associados a plantas da Caatinga. *Journal of Biotechnology and Biodiversity* 11(1):1-9 DOI: <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v11n1.silva>.

Silva MJ, Gomes MLB, Siqueira LP. 2021. Alternative treatment for anxiety based on the medicinal plant *Melissa Officinalis* (lemon balm) - a literature review. *Research, Society and Development* 10(14):e532101422349. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i14.22349>.

Silva Neto M, Salles MG, Pinto C, Pinto O, Santos L. 2019. Plantas Medicinais nos quintais urbanos da comunidade Alto da Cruz no Pitiú em Baturité-CE. *Enciclopédia Biosfera* 16(29):1211-1223. DOI: https://doi.org/10.18677/EnciBio_2019A102.

Souza EA. 2014. Avaliação das potencialidades farmacológicas em periodontia de extratos e óleos essenciais de *Croton blanchetianus* Baill. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Odontologia - PPGO) Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 160 f.

Souza JRS, Silva RH, Zanachi JA. 2018. Características fitoterapêuticas da *Aloe vera*. *Unifunec Científica Multidisciplinar* 6(8):23-39. DOI: <https://doi.org/10.24980/rfcm.v6i8.2237>.

Souza Junior AMSJ, Soares JF, Rodrigues Neto SC, Simões APG, Oliveira Filho AA. 2019. Perspectiva do uso de punica granatum e plantago major no tratamento de úlcera traumática. Arch Health Invest 8(11):740-45. DOI: <http://dx.doi.org/10.21270/archi.v8i11.4238>.

Souza MP, Matos MEO, Matos FJA, Machado MIL, Craveiro AA. 1991. Constituintes químicos ativos de plantas medicinais brasileiras. Fortaleza: EUFC, 416 p.

Souza RLM, Vettorazzi MB, Kobayashi RK, Furtado Neto MADA. 2015. Eugenol as an anaesthetic in the management of farmed lane snapper, *Lutjanus synagris* (Linnaeus, 1758). Revista Ciência Agronômica 46(3):532-538. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20150035>.

Suruí, ND, Dias, CS. 2020. Etnobotânica e educação escolar indígena: uma possibilidade entre os Paiter Suruí. Revista de Educação, Ciência e Tecnologia 9(2):1-19. DOI: <https://doi.org/10.35819/tear.v9.n2.a4503>.

SUS, Sistema Único de Saúde. 2022. Brasil.

Tatagiba SD, Sousa IS, Oliveira AEW. 2019. Etnobotânica de plantas medicinais na Região de Integração do Rio Tapajós, Comunidade do Bairro Maria Magdalena, Município de Itaituba, Pará, Brasil. Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota) 9(4):41-49. DOI: <https://doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v9n4p41-49>.

Vasconcelos EC, Paganini CC, Figueiredo EAT, Aragão GMF. 2022. Antimicrobial action of volatile compounds in essential oil from dry leaves of *Croton blanchetianus* Baill. Research, Society and Development 11(1):e28011124785. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.24785>.

Vieira EOG, Fernandes RMT. 2021. Toxic effects of medicinal plants commercialized in natura in São Luís/MA: Aliterature review. Research, Society and Development 10(5):e55910514821. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14821>.



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

O uso atual e o potencial das plantas alimentícias nativas na Floresta Nacional de Ipanema

André Guilherme¹ , Eliana Cardoso-Leite¹ 

¹ Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade na Gestão Ambiental, UFSCar - Universidade Federal de São Carlos, Rodovia João Leme dos Santos (SP-264), Km 110, Bairro do Itinga - Sorocaba - CEP 18052-780

*Autor para correspondência: a.guilherme73@gmail.com

Recebido em 29 de junho de 2023.

Aceito em 20 de agosto de 2023.

Publicado em 31 de agosto de 2023.

Resumo – O Brasil, conserva hoje mais de 13% da flora mundial, muitas dessas espécies com valor atual e potencial para a agricultura e a alimentação. Parte da nossa “biodiversidade alimentar” apresenta características e interesses distintos para a economia, nutrição e alimentação. Entretanto, ao redor do mundo, variedades e espécies locais de plantas alimentícias estão desaparecendo, um sério risco para a segurança alimentar. Por outro lado, grande parte dessa biodiversidade está protegida em Unidades de Conservação (UC), áreas protegidas destinadas a conservação da biodiversidade in situ. Tendo como princípio que UCs conservam em seus territórios variedades pouco conhecidas e exploradas de espécies alimentícias, este trabalho investiga se uma UC de Uso Sustentável como a Floresta Nacional de Ipanema (Flona Ipanema) possui uma biodiversidade alimentar nativa de potencial ainda desconhecida. Este trabalho teve como objetivo inventariar a biodiversidade alimentar nativa da flora brasileira, na Flona Ipanema evidenciando suas possibilidades de uso atual e potencial. Foram identificadas 22 espécies alimentícias no local, resultado que revela a existência de uma biodiversidade alimentícia pouco percebida, mas com potencial de compatibilizar aspectos ambientais, sociais e econômicos em função de seus múltiplos usos, beneficiando tanto a UC quanto as populações do entorno.

Palavras-chave: Biodiversidade alimentar. Flona de Ipanema. Morro Araçoiaba.

Current and potential use of native food plants in the Ipanema National Forest

Abstract - More than 13% of the world's flora, are Brazilian, many of these species with current and potential value for agriculture and food. Part of our “food biodiversity”, these species may have different characteristics and interests for the economy, nutrition and food. However, around the world, local varieties and species of food plants are disappearing, a serious risk to food security. On the other hand, a large part of this biodiversity is protected in Protect Areas (PA), intended for the in situ conservation of biodiversity. Based on the principle that PA conserve in their territories little-known and exploited varieties of food species, this work investigates the idea of whether a UC of Sustainable Use, such as the Ipanema National Forest (Flona Ipanema) has a native food biodiversity of still unknown potential.

This work aimed to inventory the native food biodiversity of the Brazilian flora, in Flona Ipanema, highlighting its possibilities of current and potential use. Were identified at the site 22 food species, result that reveals the existence of food biodiversity that is little perceived, but with the potential to reconcile environmental, social and economic aspects due to its multiple uses, benefiting both the UC and the surrounding populations.

Keywords: Food Biodiversity. Flona de Ipanema. Araçoiaba Hill.

Uso actual y potencial de plantas alimenticias nativas en la Floresta Nacional de Ipanema

Resumen - Brasil conserva más del 13% de la flora mundial, con muchas especies con valor actual y potencial para la agricultura y la alimentación. Parte de nuestra “biodiversidad alimentaria”, estas especies pueden tener diferentes características e intereses para la economía, la nutrición y la alimentación. Sin embargo, en todo el mundo, las variedades y especies locales de plantas alimenticias están desapareciendo, un grave riesgo para la seguridad alimentaria. Por otro lado, gran parte de esta biodiversidad se encuentra protegida en Unidades de Conservación (UC), áreas protegidas destinadas a la conservación de la biodiversidad *in situ*. Teniendo el principio de que las UC conservan especies alimenticias poco conocidas y explotadas, este trabajo investiga la idea de si una UC de Uso Sostenible como la Floresta Nacional de Ipanema (Flona Ipanema) tiene una biodiversidad alimentaria autóctona de potencial aún desconocido. Este trabajo tuvo como objetivo inventariar la biodiversidad alimentaria nativa de la flora brasileña, en Flona Ipanema, destacando sus posibilidades de uso actual y potencial. Se identificaron 22 especies alimenticias, resultado que revela la existencia de una biodiversidad alimenticia poco percibida, pero con gran potencial de uso debido a sus múltiples usos, beneficiando tanto a la UC como a las poblaciones aledañas.

Palabras chave: Biodiversidad alimentaria. Flona de Ipanema. Cerro Araçoiaba.

Introdução

A biodiversidade é vista hoje como estratégica para a indústria da biotecnologia, e essencial para a agricultura e indústria alimentícia, além de importante fonte de renda para as comunidades locais (Coradin *et al.* 2011). Neste cenário, o Brasil possui muitas espécies com valor real ou potencial para a agricultura e a alimentação (Vieira *et al.* 2016), uma vez que concentra em seu território 52.125 (Flora e Funga do Brasil 2023) das 383.054 espécies de plantas conhecidas no mundo (WFO 2023), ou seja, mais de 13% da flora mundial. Tais espécies representam parte de sua “biodiversidade alimentar”, termo que pode ser definido, sinteticamente, como a diversidade de plantas (animais e outros organismos) utilizados para alimentação (Kennedy *et al.* 2017), espécies muitas vezes negligenciadas por pesquisadores e formuladores de políticas públicas (Padulosi *et al.* 2013). Entretanto estas espécies podem apresentar interesses distintos para a economia, nutrição e alimentação (FAO 2013) e conter características estratégicas para enfrentar os desafios gerados pelas intervenções antrópicas e mudança

climática (Padulosi et al. 2013). São recursos alimentares nativos, de valor potencial incalculável, que podem ser manejados, pesquisados e conservados *in situ*, *ex situ* ou *on farm* (Vieira et al. 2016, Burle e Fonseca 2022).

Globalmente, entretanto, uma grande variedade de espécies alimentícias silvestres está em risco, uma vez que muitos *hotspots* de agrobiodiversidade - áreas de conservação *in situ*, estão ameaçados por não serem formalmente protegidos (IPBES 2019). Nesse sentido, as Unidades de Conservação (UC), áreas protegidas destinadas a conservação da biodiversidade *in situ*, tem o potencial de contribuir com variedades de espécies alimentares nativas pouco exploradas (Brasil 2000), em especial as Florestas Nacionais (unidades de conservação de uso sustentável).

Deste modo, a prospecção e a promoção do uso sustentável da biodiversidade alimentar nativa podem contribuir para a conservação e para o desenvolvimento da economia local. Estas ações podem também representar um incremento importante para a alimentação e nutrição, considerando-se, o manejo sustentável de espécies selvagens e produtos florestais não madeireiros (PFNM) (Brasil 2019). Diante disso, um dos desafios atuais é incorporar tal diversidade em soluções práticas para a sociedade. Em outras palavras, inserir seus componentes em cadeias produtivas diversas, com base em ações conjuntas que demandam, dentre outros, esforços voltados a catalogação e prospecção da biodiversidade (Joly et al. 2019).

A pergunta norteadora deste estudo foi: “uma UC de Uso Sustentável como a Floresta Nacional de Ipanema (Flona Ipanema) possui uma biodiversidade alimentar nativa de potencial ainda desconhecida?” e teve como objetivo inventariar a biodiversidade alimentar da flora nativa da Floresta Nacional de Ipanema (Flona de Ipanema) demonstrando seu uso atual e potencial.

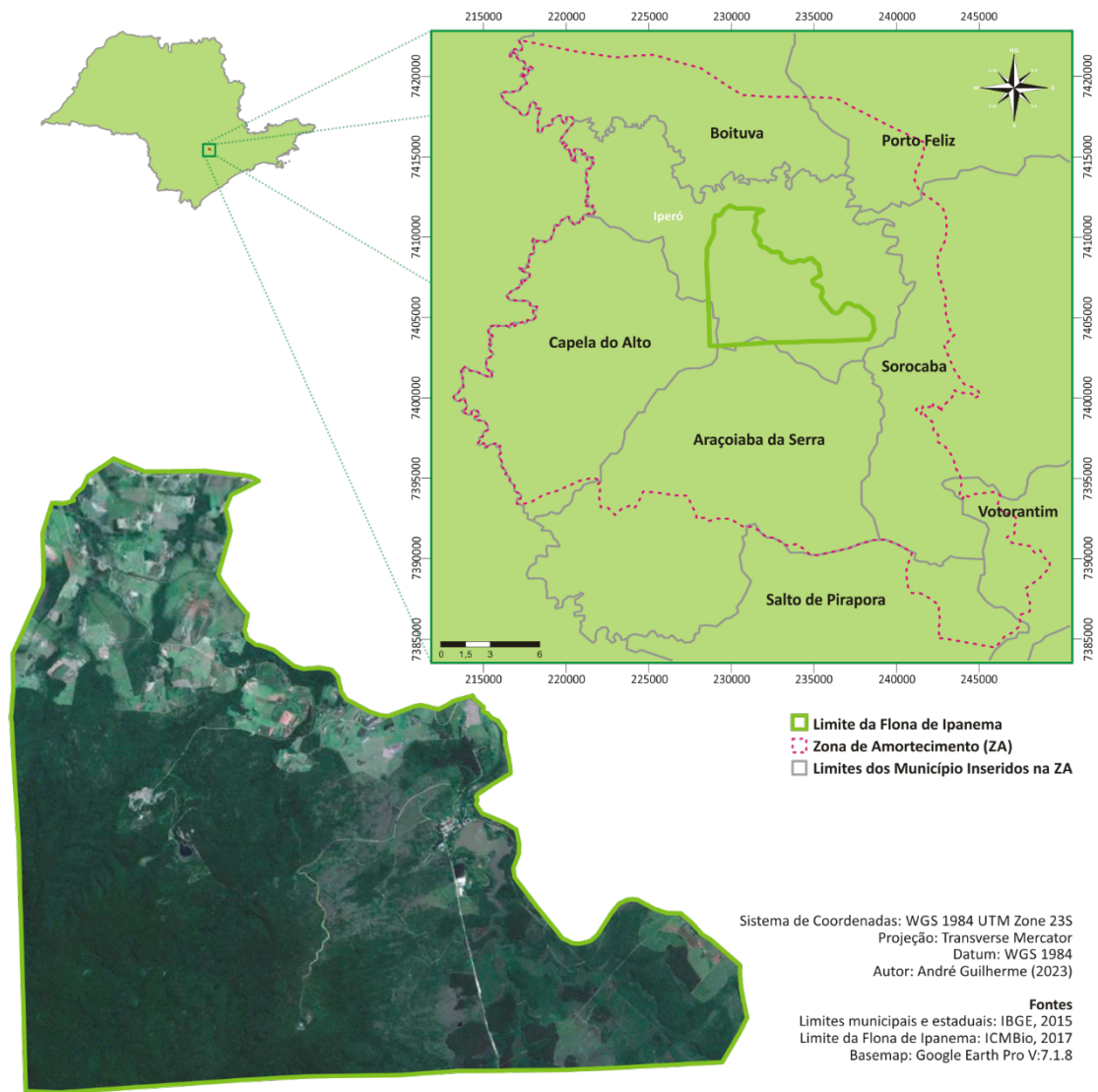
Material e Métodos

Devido a abrangência do termo “biodiversidade alimentar” este trabalho considerou, como recorte metodológico, exclusivamente espécies de plantas alimentícias nativas brasileiras (árvores, arbustos, epífitas, lianas, dentre outras formas de vida). Plantas alimentícias, segundo Kinupp e Lorenzi (2014), são todas aquelas que possuem uma ou mais partes (ou derivados destas partes) que possam ser utilizadas diretamente na alimentação humana, como: raízes tuberosas, tubérculos, bulbos, rizomas, cormos, talos, folhas, brotos, flores, frutos e sementes ou ainda produtos extraídos das plantas como látex, resina, goma, óleos, ceras, gorduras.

Este conceito inclui também as especiarias, substâncias condimentares e aromáticas, e plantas utilizadas como substitutas do sal, de adoçantes, amaciantes de carnes, corantes alimentícios e aquelas utilizadas na fabricação de bebidas, tonificantes e infusões.

A Flona de Ipanema, área foco deste estudo, é uma Unidade de Conservação Federal de Uso Sustentável administrada pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), e sede do Núcleo de Gestão Integrada (NGI) Iperó, localizada entre as latitudes 23° 25' e 23° 28' S e longitudes 47° 33' e 47° 40' W. Com uma área de 5.384,78 hectares, a Flona de Ipanema está localizada no município de Iperó/SP, a 120 km da cidade de São Paulo, possui uma Zona de Amortecimento que abrange os municípios de Araçoiaba da Serra, Boituva, Capela do Alto, Iperó, Porto Feliz, Saldo de Pirapora, Sorocaba e Votorantim (Figura 1).

Figura 1. Localização da Flona de Ipanema em relação ao estado e aos municípios de sua Zona de Amortecimento.



Esta UC está inserida em uma região densamente povoada e sofreu grandes interferências antrópicas por mais de 400 anos, fato que explica sua atual fisionomia e composição florística marcadas por um aspecto de mosaico, com áreas mais densas e outras mais abertas (Figura 1), regiões com árvores de grande porte e com árvores de menor porte, consequência de queimadas, corte para atividades agrícolas, extrativismo mineral ou pela retirada seletiva de madeiras mais nobres (MMA 2017). De acordo com o levantamento florístico realizado por Albuquerque e Rodrigues (2000), a Flona de Ipanema fica em região ecotonal entre Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Densa e Mista [fitofisionomias da Floresta Ombrófila Densa (IBGE 2012)], apresentando também elementos de Cerrado *lato sensu* [fitofisionomia da Savana (IBGE 2012)].

Para realizar o inventário proposto, foi realizado um cruzamento de dados entre as Plantas Alimentícias Nativas do Estado de São Paulo e as espécies da Espécies da Flora Nativa da Flona de Ipanema, buscando identificar a presença de espécies alimentícias nativas na UC.

A despeito da imensa diversidade de espécies da flora nativa brasileira de uso alimentar, este estudo considerou como recorte metodológico, espécies de uso atual. Foram consideradas espécies alimentares de uso atual aquelas já priorizadas por diferentes grupos da sociedade, presentes em ações e programas desenvolvidos por autarquias federais para promover a segurança alimentar e nutricional, e com o objetivo de valorizar, ampliar e consolidar o reconhecimento e a utilização econômica sustentável da flora brasileira. São espécies de importância econômico social, utilizadas no cardápio de populações regionais, citadas como úteis para alimentação humana, muitas vezes já aproveitadas em indústrias caseiras e artesanais, que podem ser adaptadas a pequenas propriedades rurais.

Devido a inexistência de uma base de dados unificada sobre plantas alimentícias de ocorrência nacional ou estadual, foi realizada inicialmente uma compilação de dados de sete diferentes fontes, que trazem informações a respeito do uso sustentável da biodiversidade nativa, atrelado a seus possíveis benefícios socioeconômicos e ambientais e buscando melhorar a segurança alimentar e a nutrição humana, resultando em uma lista inicial denominada “Plantas Alimentícias Nativas Brasileiras”.

Plantas Alimentícias Nativas Brasileiras: O levantamento considerou os três volumes da publicação “Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial, de Uso Local e Regional – Plantas para o Futuro” - Ministério do Meio Ambiente (MMA), ou seja, (1) Região Sul (Coradin et al. 2011), (2) Região Nordeste (Coradin et al. 2018) e (3) Região Centro Oeste (Vieira et al. 2016), do Ministério da Saúde (MS) a publicação (4) Alimentos Regionais Brasileiros - 2ª Edição (Brasil 2015); a lista de espécies nativas da Sociobiodiversidade de valor alimentício (5) para fins de comercialização *in natura* ou de seus produtos derivados apresentada na Portaria Interministerial nº 284, de 30 de maio de 2018 (Brasil 2018), a base de dados digitais do programa (6) *Biodiversity for Food and Nutrition* (BFN 2018), e (7) uma compilação de informações de diferentes publicações disponíveis na Base de Dados de Pesquisa Agropecuária da Embrapa (BDP@) e no Repositório Acesso Livre à Informação Científica da Embrapa (Alice), referente a espécies alimentares nativas. Todas as informações foram acessadas a partir de publicações e plataformas digitais disponíveis online.

As listagens, extraídas de cada uma das sete fontes citadas, foram revisadas isoladamente considerando somente citações contendo o nome completo das espécies (o conjunto gênero e epíteto específico). A revisão aferiu, a partir da base de dados digitais do Flora e Funga do Brasil (2023), nome, origem e distribuição geográfica presentes nas diferentes listagens/fontes, com o intuito de atualizar e padronizar a nomenclatura científica, e excluir as espécies exóticas, naturalizadas e cultivadas ocasionalmente citadas. Os dados das diferentes listagens foram comparados entre si, com o intuito de eliminar a duplicidade de espécies presentes. O resultado da análise comparativa dos dados presentes nas sete fontes consultadas considerando os métodos descritos deu origem a lista de “Plantas Alimentícias Nativas Brasileiras” ([disponível online](#)), contendo 270 diferentes espécies (Guilherme 2022).

Plantas Alimentícias Nativas do Estado de São Paulo: Devido a abrangência das regiões geopolíticas contempladas no inventário de ocorrência nacional foram selecionadas apenas as espécies com ocorrência no estado de São Paulo - uma vez que a área de estudo está localizada no município de Iperó (SP), resultando em uma lista de “Plantas Alimentícias Nativas do Estado de São Paulo” ([disponível online](#)) contendo um total de 161 espécies (Guilherme 2022).

Espécies da Flora Nativa da Flona de Ipanema: A análise inicial dos dados partiu da lista oficial de espécies da flora nativa da Flona de Ipanema, disponível na revisão do Plano de Manejo da Flona de Ipanema (MMA 2017). Porém, constatou-se a necessidade de uma atualização de dados, uma

vez que estes tinham como base uma única referência o levantamento realizado por Albuquerque e Rodrigues (2000), o que poderia comprometer o desenvolvimento do trabalho. Uma vez que a lista nunca havia sido revisada ou atualizada, e os dados do artigo citado (Albuquerque e Rodrigues 2000) eram referentes a uma área restrita do Morro Araçoiaba, foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica com o intuito de atualizar a listagem de espécies vegetais da UC contemplando estudos mais recentes e ampliando as áreas de amostragem. O levantamento bibliográfico realizado considerou, além da lista oficial de espécies da flora nativa da Flona de Ipanema (MMA 2017), as espécies da flora nativa citadas em outros quatro artigos publicados entre os anos de 2009 e 2016 (Bataghin 2009; Bataghin *et al.* 2010; Bataghin *et al.* 2012; Silva e Mazine 2016).

O levantamento considerou também a base de dados do projeto “Matrizes Florestais da Flona de Ipanema”, e o relatório técnico do Programa de Adequação Ambiental: Área da Cana, documentos internos da UC que suporta à execução de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD). A exemplo do inventário de espécies de ocorrência nacional, as informações foram revisadas isoladamente, a partir da base de dados digitais do REFLORA (Flora e Funga do Brasil 2023), aferindo nome, origem e distribuição geográfica das espécies presentes nas diferentes listagens/fontes, permitindo atualizar e padronizar a nomenclatura científica, e excluir as espécies exóticas, naturalizadas e cultivadas ocasionalmente citadas.

Os dados das diferentes listagens foram comparados entre si, com o intuito de eliminar a duplicidade de espécies presentes, e novamente foram considerados apenas citações contendo o nome completo das espécies (o conjunto gênero e epíteto específico). Considerando os métodos descritos, o resultado da análise comparativa dos dados presentes nas fontes consultadas deu origem a uma lista atualizada de “Espécies da Flora Nativa da Flona de Ipanema” ([disponível online](#)), contendo 231 espécies (Guilherme 2022).

Plantas Alimentícias Nativas da Flona de Ipanema: Com base nas duas listas consolidadas (1) Plantas Alimentícias Nativas da Flora Brasileira no Estado de São Paulo, e (2) Espécies da Flora Nativa da Flona de Ipanema, foi realizado um cruzamento de dados buscando identificar a presença de espécies nativas de uso alimentar na Flona de Ipanema.

Para identificar as espécies da lista final de acordo com os grupos ecológicos, Pioneiro e Não Pioneiro (Swaine and Whitmore 1988), foi utilizada a Lista de Espécies Indicadas para Restauração Ecológica para Diversas Regiões do Estado de São Paulo, do Instituto de Botânica do Estado de São Paulo (Barbosa *et al.* 2015). Quanto ao endemismo no país foi consultada a base de dados digitais do Projeto Flora do Brasil 2020 (Flora e Funga do Brasil 2023), e quanto ao grau de ameaça foi utilizada a Resolução SMA Nº 057, de 05 de junho de 2016 - que traz a segunda revisão da lista oficial das espécies da flora ameaçadas de extinção no Estado de São Paulo (São Paulo 2016) e a Portaria MMA Nº 148, de 07 de junho de 2022 - que atualiza a Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção (Brasil 2022). Por se tratar de um levantamento, em grande parte, bibliográfico, a ocorrência das espécies presentes na lista de “Plantas Alimentícias Nativas da Flona de Ipanema”, foi confirmada *in loco*. Para tal foi realizado trabalho de campo, onde no mínimo um indivíduo de cada espécie foi localizado e georreferenciado, para comprovar a existência das na área de estudo. As visitas foram realizadas na UC durante os meses de novembro 2020 e março de 2021.

Resultados

Com base na metodologia descrita, o cruzamento de dados entre as listas (1) Plantas Alimentícias Nativas da Flora Brasileira no Estado de São Paulo, e (2) Espécies da Flora Nativa da Flona de Ipanema resultou lista “Plantas Alimentícias Nativas da Flona de Ipanema”, contendo 22 espécies (Tabela 1), onde pode-se observar nomenclatura científica, família, nomes populares, endemismo, grupo ecológico e partes utilizada de cada espécie.

Tabela 1. Lista de Plantas Alimentícias Nativas da Flona de Ipanema.

Legenda: E – Endemismo no Brasil; GE – Grupo Ecológico, onde: P – Pioneira, NP – Não Pioneira; PA – Parte da Planta Utilizada, onde F = Fruto, S = Semente, C = Caule.

Família	Espécie	Nome Popular	E	GE	PA
ANACARDIACEAE	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Aroeira		P	S
ANNONACEAE	<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.	Araticum	*	P	F
ARAUCARIACEAE	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Araucária		NP	S
ARECACEAE	<i>Attalea exigua</i> Drude	Indaiá	*	NP	F/S
	<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	Gueiroba	*	NP	F/S
	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Jerivá		NP	F/S
BROMELIACEAE	<i>Bromelia balansae</i> Mez	Gravatá		NP	F
CARICACEAE	<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A.DC.	Jaracatiá		NP	F/C
	<i>Vasconcellea quercifolia</i> A.St.-Hil.	Mamãozinho-do-mato		NP	F
CARYOCARACEAE	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	Pequi		NP	F/S
FABACEAE	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Jatobá		NP	F
MALVACEAE	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Mutamba		P	F
MYRTACEAE	<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg	Sete-capotes		NP	F
	<i>Campomanesia pubescens</i> (Mart. ex DC.) O.Berg	Gabiroba	*	NP	F
	<i>Eugenia punicifolia</i> (Kunth) DC.	Cereja-do-cerrado	*	NP	F
	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	Uvaia		NP	F
	<i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitanga		NP	F
	<i>Plinia peruviana</i> (Poir.) Govaerts	Jaboticaba		NP	F
	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Araçá-amarelo	*	NP	F
	<i>Psidium guineense</i> Sw.	Araçá-do-campo		NP	F
PASSIFLORACEAE	<i>Passiflora edulis</i> Sims	Maracujá-roxo		NP	F
SOLANACEAE	<i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.	Lobeira		P	F

As espécies identificadas estão distribuídas em 12 famílias (Tabela 1), sendo que a família Myrtaceae conta com oito espécies distribuídas em quatro gêneros: *Eugenia* (três espécies), *Psidium* (duas espécies), *Campomanesia* (duas espécies), e *Plinia* (uma espécie), e apresentam a maior riqueza, seguida pela família Arecaceae com três espécies distribuídas em dois gêneros: *Attalea* (uma espécie)

e *Syagrus* (duas espécies). As espécies contemplam os dois grupos ecológicos, sendo quatro pioneiras, de crescimento rápido e boa cobertura de copa, e 18 não pioneiras - com crescimento mais lento, essenciais para a estruturação final de área plantadas. Devemos considerar, entretanto, que apesar das espécies pioneiras apresentarem grande plasticidade, estas sempre são especialistas em determinados ambientes (Almeida 2016).

Apenas uma das espécies identificadas, *Araucaria angustifolia* (araucária), apresenta algum grau de ameaça, classificada como Em Perigo (EN) segundo a Portaria MMA N° 148/2022 (Brasil 2022) e a Resolução SMA N° 057/2016 (São Paulo 2016). Apesar de não apresentar grau de ameaça, pode-se destacar *Caryocar brasiliense* (pequi) como uma espécie protegida, uma vez que a Portaria IBDF N° 54/1987, proíbe o corte e a comercialização de sua madeira em território nacional (Brasil 1987). A exceção de *Araucaria angustifolia* (araucária), que apresenta polinização pelo vento (anemofilia), as demais espécies identificadas apresentam síndromes de dispersão e polinização zoocórica (Tabela 2).

Tabela 2. Síndromes de dispersão e polinização das espécies nativas de uso alimentar identificadas.

Espécie	Polinização	Dispersão
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Insetos	Zoocórica
<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.	Besouros	Zoocórica
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Vento	Zoocórica
<i>Attalea exigua</i> Drude	Besouros	Zoocórica
<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	Besouros	Zoocórica
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Besouros	Zoocórica
<i>Bromelia balansae</i> Mez	Aves	Zoocórica
<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A.DC.	Mariposas	Zoocórica
<i>Vasconcellea quercifolia</i> A.St.-Hil.	Mariposas	Zoocórica
<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	Morcegos	Zoocórica
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Morcegos	Zoocórica
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Abelhas	Zoocórica
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg	Abelhas	Zoocórica
<i>Campomanesia pubescens</i> (Mart. ex DC.) O.Berg	Abelhas	Zoocórica
<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	Abelhas	Zoocórica
<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	Abelhas	Zoocórica
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Abelhas	Zoocórica
<i>Plinia peruviana</i> (Poir.) Govaerts	Abelhas	Zoocórica
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	Abelhas	Zoocórica
<i>Psidium guineense</i> Sw.	Abelhas	Zoocórica
<i>Passiflora edulis</i> Sims	Abelhas	Zoocórica
<i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.	Abelhas	Zoocórica

De acordo com estudos realizados entre 2014 e 2020 (Piña-Rodrigues et al. 2014; Corrêa et al. 2014; Kortz et al. 2014; Coelho et al. 2016; Cardoso-Leite et al. 2020), em cidades do entorno da UC, mais

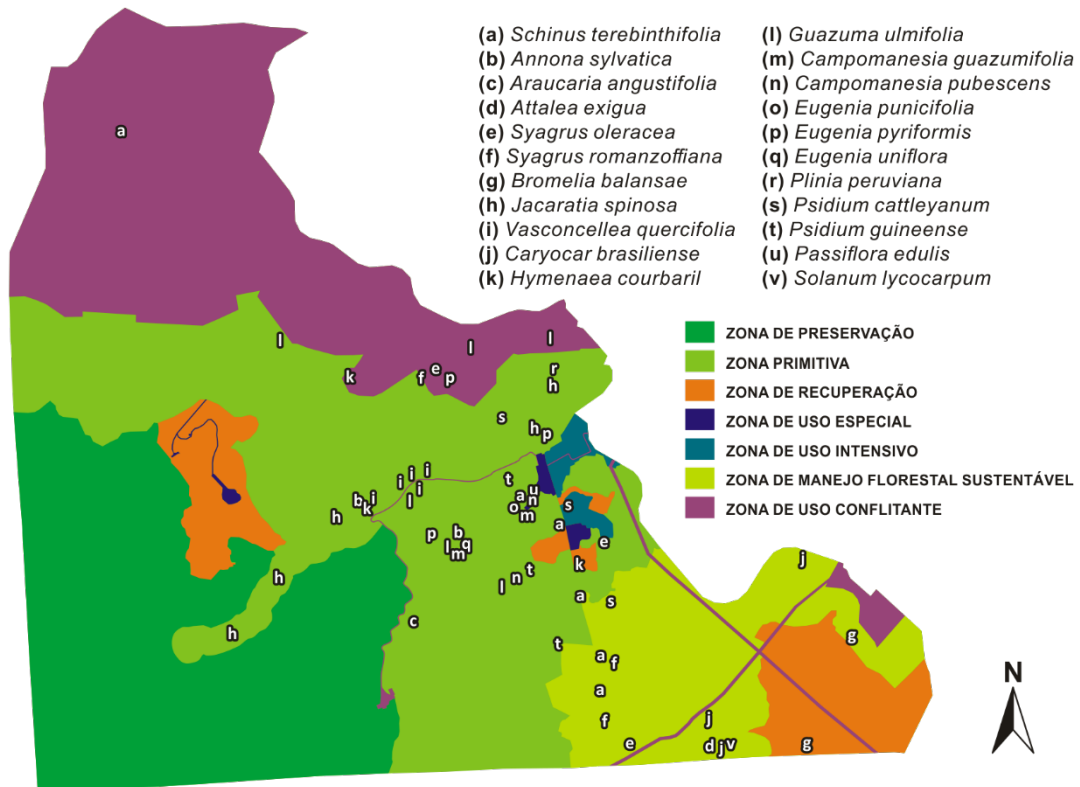
de 60% das espécies listadas também ocorrem na região sendo que segundo Caiafa (2008), nove do total de espécies são consideradas comuns de Mata Atlântica, contando com uma ampla distribuição geográfica, com grandes populações e de ocorrência em domínios variados (Tabela 3).

Tabela 3. Espécies nativas de uso alimentar, atual e potencial, de ocorrência na Flona de Ipanema, que também ocorrem na região do entorno e são comuns na Mata Atlântica. Legenda: 1 - Corrêa et al. 2014; 2 - Kortz et al. 2014; 3 - Piña-Rodrigues et al. 2014; 4 - Coelho et al. 2016; 5 - Cardoso-Leite et al. 2020; 6 - Caiafa 2008.

Família	Espécie	1	2	3	4	5	6
ANACARDIACEAE	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi		*	*			*
ANNONACEAE	<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.	*	*	*			*
ARECACEAE	<i>Attalea exigua</i> Drude		*				
	<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.			*			
	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	*	*	*	*	*	*
BROMELIACEAE	<i>Bromelia balansae</i> Mez					*	
CARICACEAE	<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A.DC.						*
CARYOCARACEAE	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	*	*	*		*	
FABACEAE	<i>Hymenaea courbaril</i> L.						*
MALVACEAE	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	*	*	*	*		*
MYRTACEAE	<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg	*	*	*	*		*
	<i>Campomanesia pubescens</i> (Mart. ex DC.) O.Berg		*	*			
	<i>Eugenia punicifolia</i> (Kunth) DC.			*			*
	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.			*			
	<i>Eugenia uniflora</i> L.		*	*			
	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine						*
	<i>Psidium guineense</i> Sw.		*	*			
SOLANACEAE	<i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.					*	

A ocorrência das espécies alimentícias identificadas neste estudo foi confirmada em seis das sete zonas da Flona de Ipanema: Zona Primitiva, Zona de Recuperação, Zona de Uso Especial, Zona de Uso Intensivo, Zona de Manejo Florestal Sustentável e Zona de Uso Conflitante (Figura 2).

Figura 2. Ocorrência das espécies em relação ao zoneamento da UC.



Discussão

Inseridas na cultura alimentar brasileira, em diferentes escalas, as espécies listadas são atualmente consumidas de formas diversas em função da influência cultural, regional ou das características de cada espécie. Dessa forma o consumo dessas espécies alimentícias não se dá somente *in natura*, podendo estas ser minimamente processadas, utilizadas em bebidas ou preparações culinárias doces e salgadas. A seguir, são apresentadas as atuais formas de consumo identificadas para cada uma das 22 espécies.

Schinus terebinthifolia (aroeira) - O fruto e semente são utilizados como condimento. Após o processamento do fruto compõem a “pimenta-rosa”, denominação mais comum do condimento culinário no mercado nacional, sendo muito usado para aromatizar carnes, risotos, molhos, na produção de doces, chocolates, sorvetes e bebidas e complementos nutricionais. A pimenta-rosa é amplamente utilizada na culinária internacional onde recebe demonizações como *Poivre rose* (França), *Pepe rosa* (Itália), *Pimienta rosa* (Espanha), *Blassroter pfeffer* (Alemanha), *Pink pepper* ou *Brazilian pink peppercorn* (EUA) (Coradin et al. 2011; Gomes et al. 2013; Kinupp e Lorenzi 2014; Coradin et al. 2018).

Annona sylvatica (araticum) – Os frutos podem ser consumidos *in natura* e quando submetidos à fermentação produzem bebidas vinosas - com qualidades análogas ao vinho. A atual produção é de origem extrativista, entretanto a espécie integra o Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de Fruteiras Nativas do Sul do Brasil, mantido pela Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, RS, que tem como objetivo estudar o potencial de espécies para melhoramento e incorporação aos sistemas produtivos de frutas (Carvalho 2008; Frazon et al. 2015; Peckolt e Peckolt 2016; Martius 2023; Dataplant 2023).

Araucaria angustifolia (pinheiro-do-paraná) – As sementes (pinhão) são consumidas cozidas e assadas, no preparo paçocas, suflês, sorvetes, conservas, e na produção de bebidas destiladas e fermentadas (Batista 2014; Kinupp e Lorenzi 2014; Santiago e Coradin 2019; Broering et al. 2020). A farinha da semente, e pode utilizada na panificação e confeitaria, e da casca, rica em fibras e compostos fenólicos, utilizada ainda como complemento alimentar (Daudt 2016; Barreto 2018; Barros 2020).

Attalea exigua (indaiá) – Tradicionalmente consumidas no interior do estado de São Paulo, a polpa do fruto, o palmito e a amêndoa podem ser consumidos *in natura*. A amêndoa pode também ser consumida torrada, ou transformada em farinha para o preparo de bolos. Quando maduros os frutos têm aroma de *Ananas comosus* (L.) Merrill, e podem ser consumidos cru ou assados. O fruto pode ainda ser utilizado no feitiço de doces, com o mesmo processo que se emprega para o “coco da Bahia”. A base (talo) das folhas novas, de mesmo sabor do palmito, também pode ser consumido (Sannazzo 1997; Carvalho 2009; Brasil 2015; Ronchi 2017; Dataplant 2023a).

Syagrus oleracea (gueiroba) – O fruto (polpa) pode ser consumido *in natura*, na produção de geleias, sorvetes, refrescos e em preparos culinários. As amêndoas podem ser consumidas cruas, torradas e utilizadas para preparar o doce-de-taia (parecido com o pé-de-moleque). O palmito *in natura* ou em conserva é utilizado frio em saladas e conservas, ou quente, cozido no preparo de moquecas, ou refogado com recheio de tortas, empadas e pasteis (ISPN 2013; Kinupp e Lorenzi 2014; Coradin et al. 2016, Santiago e Coradin 2018).

Syagrus romanzoffiana (jerivá) – O fruto (polpa) pode ser consumido *in natura*, na produção de geleias, licores, refrescos e doces, a amêndoa também pode ser consumida *in natura* e torrada, ou utilizada para extração de óleo, o palmito pode ser consumido *in natura*, preparos culinários ou em conserva (Kinupp e Lorenzi 2014).

Bromelia balansae (gravatá) – O fruto pode ser consumido *in natura*, no preparo de refrescos, licores, gelatina e sorvetes, cozido, assado ou em conserva (Macedo 2016; Castro 2022).

Jacaratia spinosa (jaracatiá) - O fruto maduro, com sabor semelhante ao mamão, pode ser consumido *in natura* (após eliminação do látex) e no preparo de doces, passas, geleias, licores, sorvetes, mousse ou cristalizados. Os frutos verdes, assim como a medula dos ramos e troncos podem também ser utilizados no preparo de doces em calda, bolos, pudim, pão, farofa, ou adicionados a rapadura (Carvalho 2006; Kinupp e Lorenzi 2014; Macedo 2016).

Vasconcellea quercifolia (mamãozinho-do-mato) - O fruto (após eliminação do látex) pode ser consumido *in natura* ou cozido, e a medula dos ramos e troncos no preparo de cocadas e doces (Coradin et al. 2011; Kinupp e Lorenzi 2014; Cerino et al. 2015; Santiago e Coradin 2018). Apresenta grande potencial para produção de papaína que pode ser utilizada pela indústria como amaciante de carne ou clarificante de cerveja (Coradin et al. 2011; Kinupp e Lorenzi 2014).

Caryocar brasiliensis (pequi)– Muito utilizada na culinária da região Centro-Oeste do Brasil, a polpa do fruto pode ser consumida *in natura*, no preparo de refrescos, conservas, licor, condimentos, recheios e preparos culinários diversos como cozidos de carnes, de feijão e de arroz. A casca do fruto processada em farinha, sendo a castanha utilizada na produção de óleo branco, paçoca, também comestível *in natura* torradas e no feitiço de doces (Carvalho 2008; Coradin et al. 2016; Santiago e Coradin 2018; Prado 2019; Andrade 2020).

Hymenaea courbaril (jatobá-da-mata) - A polpa do fruto pode ser consumida *in natura*, e quando transformada em farinha, doce e nutritiva, pode ser utilizada na fabricação de pães, bolos, tortas, sorvetes, licores, picolés, vitaminas, pudim, biscoito doce e mingaus. Pode ainda ser misturada com

água para preparar refrigerantes ou fermentada para produzir bebidas alcoólicas. (Filho e Sartorelli 2015; Brasil 2015; Santiago e Coradin 2018).

Guazuma ulmifolia (mutamba) – A mucilagem pode ser consumida *in natura*, seca, cru ou cozida e apresentam sabor de figo seco. A partir da mucilagem podem ser feitos shakes, molhos, licores, bolos, picolés e vitaminas. Quando secos, os frutos, podem ser utilizados no preparo de chás, sendo considerado um ótimo substituto do chá-mate. O extrato mucilaginoso, obtido por cozimento de pedaços do caule, é amplamente utilizado na região canavieira do Ceará como agente de clarificação do caldo da cana durante a fabricação artesanal de rapadura. Também é comum sua utilização para aromatizar cachaça (Carvalho 2007; Santiago e Coradin 2018).

Os frutos das diversas espécies *Campomanesia guazumifolia* (sete-capotes), *Campomanesia pubescens* (guariroba), *Eugenia punicifolia* (cereja-do-cerrado), *E. pyriformis* (uvaia), *E. uniflora* (pitanga), *Plinia peruviana* (jaboticaba), *Psidium cattleianum* (araçá-vermelho), *P. guineense* (araçá-do-campo) todas da família Myrtaceae podem ser consumidos *in natura* ou no preparo de sucos, sorvetes, geleias, doces, molhos e bebidas alcoólicas (Coradin et al. 2011; Vieira et al. 2016; Coradin et al. 2018; Santiago e Coradin, 2018).

Passiflora edulis (maracujá-roxo) – A polpa, de coloração amarelo-canário, doce, pouco ácida e suculenta, é muito apreciada para consumo *in natura* tanto pela menor acidez em relação ao maracujá-azedo, quanto pelo sabor e aroma especiais, podendo ser utilizado também no preparo de sucos, doces, geleia, sorvete e licor (Brasil 2015; Faleiro et al. 2017).

Solanum lycocarpum (lobeira) - O fruto, quando maduro, pode ser usado no preparo de doces, geleias, e como substituto do marmelo na preparação da marmelada. Recomenda-se que o fruto seja consumido com moderação em função da alta taxa de solasonina, um composto químico alcalóide que pode ser venenoso em altas dosagens (Carvalho 2010; Brasil 2015).

Somado aos usos apresentados, as espécies *Schinus terebinthifolia* (aroeira), *Araucaria angustifolia* (araucária), *Syagrus oleracea* (gueiroba), *Syagrus romanzoffiana* (jerivá), *Bromelia balansae* (gravatá), *Jacaratia spinosa* (jaracatiá), *Campomanesia pubescens* (guariroba), *Eugenia pyriformis* (uvaia), e *Plinia peruviana* (jaboticaba), são ainda hoje consumidos em algumas localidades no interior do estado, e integram a chamada “mesa paulista tradicional”, sendo seus usos associados ao Patrimônio Cultural Imaterial, porção intangível da herança cultural do estado de São Paulo (Macedo 2016).

Como visto, a área protegida estudada concentra em seu território parentes silvestres de espécies alimentícias que podem ser estratégicas para a conservação de recursos fitogenéticos. Sua salvaguarda, entretanto, não garante automaticamente proteção *in situ* de determinada espécie chave, sendo necessário em muitos caso o manejo desses recursos (Sthapit et al. 2016).

Porém, em se tratando de um UC, antes de cogitar o manejo desses recursos, é necessário considerar seu zoneamento, e as normas e procedimentos específicos definidos em seu Plano de Manejo. Considerado um instrumento de gestão territorial, o zoneamento, realizado a partir do diagnóstico de aspectos físicos, biológicos e antrópicos, permite organizar espacial e estrategicamente uma UC. Dessa forma é possível determinar com base em diferentes características, normas que definam prioridades e objetivos específicos e como os recursos nela inseridos podem ser manejados (MMA 2017).

De maneira geral, as diferentes zonas permitem a pesquisa científica, a restauração ambiental, a colheita de sementes e propágulos para a produção de mudas, e a implantação de bancos *in situ* e *ex situ* de germoplasma.

A diversidade genética das formas selvagens e nativas pode fazer com que espécies chave se tornem alvo de projetos de melhoramento genético visando o desenvolvimento de tecnologias de produção e de processos que contribuam para maior sustentabilidade e possibilitem sua exploração econômica a partir de variedades mais resilientes (Junghans e Jesus 2017).

Apesar de ainda hoje não serem muito comuns, existem espécies alvo dos programas de conservação *in situ* que são protegidas em função do estabelecimento de áreas protegidas ou medidas políticas e legais destinadas a restringir atividades que prejudicam a biodiversidade (FAO 2019).

No Brasil a Embrapa desenvolve projetos de pesquisa para a conservação *in situ* de espécies nativas alimentícias como *Hancornia speciosa* Gomes (mangabeira), *Platonia insignis* Mart (bacurizeiro), *Butia spp.* (butiá) e *Myrciaria floribunda* (West ex Willdenow) O.Berg do (cambuí), envolvendo ações com remanescentes nativos em Sergipe - Embrapa Tabuleiros Costeiros, no Pará - Embrapa Amazônia Oriental, e nos Pampas - Rota dos Butiazais (Junior et al. 2021).

Entretanto para que as espécies identificadas na UC possam contribuir para o desenvolvimento de cultivares produtivos, é necessário considerar, dentre outros, o investimento em pesquisas direcionadas a caracterização genética das espécies ou dos indivíduos, marcação e seleção de matrizes, estudos fenológicos e de capacidade de colheita.

Desta forma, o manejo adequado das espécies identificadas na UC pode contribuir para a manutenção do equilíbrio ecológico e de sua diversidade genética.

Nesse sentido, os resultados gerados por estudos sobre o manejo dessas espécies têm o potencial de contribuir com a elaboração dos programas estratégicos previstos no Plano de Manejo da Flona de Ipanema, visando o uso múltiplo sustentável a partir do desenvolvimento de tecnologias para a utilização racional desses recursos, promovendo a conservação da biodiversidade, e o desenvolvimento de ações que beneficiem a UC e seu entorno (MMA 2017).

Na Zona de Manejo Florestal Sustentável por exemplo, são permitidos o uso econômico e a geração de tecnologias que envolvam o uso sustentável dos recursos florestais (MMA 2017). Nesta zona também permite a implantação de modelos alternativos de produção florestal, podem ser desenvolvidos modelos de sistemas de cultivo integrado, com base na exploração de Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNM). Tais modelos podem avaliar a viabilidade de exploração das matrizes florestais alimentícias existentes na Flona de Ipanema. No entanto, apesar do exposto, atualmente não são realizadas pesquisas direcionadas ao uso múltiplo e sustentável de recursos florestais nativos madeireiros ou não madeireiros na Flona de Ipanema. As normas dessa zona, que abriga fragmentos de Mata Atlântica e de Cerrado, preveem também a criação de bancos *in situ* de germoplasma, que beneficiariam em especial *Caryocar brasiliense* (pequi), *Attalea exigua* (indaiá) e *Solanum lycocarpum* (lobeira), espécies típicas da vegetação de Cerrado identificadas na UC (Stehmann et al. 2015; Prance e Pirani 2023; Soares 2023).

Tais espécies merecem especial atenção uma vez que estão localizadas em área classificada com risco “muito alto” de incêndios florestais e fragmentação antrópica, de acordo com o Mapeamento Cartográfico de Risco (MCR) elaborado por Afonso (2020) visando a proteção e conservação da biodiversidade e dos ecossistemas associados a UC.

Na UC o programa de Matrizes Florestais da Flona de Ipanema promove o manejo *ex situ* de espécies a partir da produção de mudas e sementes. A coleta de material fitogenético, realizada em todas as zonas, promove junto ao viveiro florestal a manutenção de um banco de sementes e a produção de mudas que atendem a projetos de restauração e enriquecimento florestal de áreas da UC e de seu

entorno. Das espécies alimentícias identificadas, entretanto, apenas *Annona sylvatica* (araticum-grande) e *Schinus terebinthifolia* (aroeira) integram esse projeto.

Dessa forma existe potencial para aumentar a diversidade de espécies alimentares nativas no viveiro florestal da UC, permitindo ampliar a capacidade da utilização dessas matrizes em projetos de recuperação e sistemas de cultivo integrado. Este potencial reforça a necessidade do programa Matrizes Florestais da Flona de Ipanema de integrar ao viveiro florestal da UC as espécies identificadas neste estudo, como forma de viabilizar a produção e o acesso a mudas e sementes para o desenvolvimento das ações citadas.

Dentre as áreas passíveis de manejo dentro da Flona de Ipanema, o Assentamento Ipanema 1, localizado na Zona de Uso Conflitante (Figura 2) e dentro do perímetro norte da UC, pode contribuir diretamente para experimentação de projetos voltados a criação de cadeias produtivas.

As normas de manejo da Zona de Uso Conflitante, previstas no Plano de Manejo da UC, determinam que os integrantes (agricultores assentados) do Assentamento Ipanema 1, implementem “programas de boas práticas agropecuárias, incluindo manejo agroecológico, uso de sistemas agroflorestais (SAF) e a produção de alimentos orgânicos” (MMA 2017).

Dessa forma, estes integrantes podem considerar o uso de plantas alimentícias nativas na implementação de um SAF que vise a produção de alimentos orgânicos, atendendo as premissas dessa zona.

A pesquisa e experimentação agrícola sustentável, considerando as espécies nativas nessa Zona pode contribuir também para a regeneração das APPs, conservação do solo e recuperação de processos erosivos no interior da UC, permitindo que seus resultados sejam replicados e beneficiar pequenas propriedades agrícolas, e agricultores assentados localizados nas áreas de entrono próximo da UC.

Além das opções de manejo descritas, as espécies identificadas também se mostram indicadas a projetos de restauração dentro da UC, uma vez são espécies nativas da vegetação regional, contemplam grupos ecológicos distintos.

Além das opções de manejo descritas, as espécies identificadas contemplam grupos ecológicos distintos (Tabela 1), são comuns na vegetação regional (Tabela 3) adaptadas as condições locais, e podem integrar projetos de restauração ecológica atentando para as regras de planejamento, execução e monitoramento estabelecidas pela Resolução SMA nº 32 de 03 de abril de 2014 (São Paulo 2014), que versa sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo. As espécies apresentam ainda síndromes de dispersão e polinização zoocórica (Tabela 2), atendendo assim aos critérios da Instrução Normativa ICMBio nº 11, de 11 de dezembro de 2014 (ICMBio 2014) - que tem por base a Resolução SMA nº 32/14, representando importante fonte para a fauna local.

Nesse sentido, as quatro espécies pioneiras identificadas [*Solanum lycocarpum* (lobeira), *Guazuma ulmifolia* (mutamba), *Annona sylvatica* (araticum) e *Schinus terebinthifolia* (aroeira)] podem ser utilizadas visando a preparação do terreno para espécies (secundárias) mais tardias em função do seu rápido crescimento, sombreamento e proteção do solo (Costa et al. 2014; Padovan et al. 2018).

Solanum lycocarpum (lobeira) é adaptada a solos ácidos e ricos em alumínio, e indicada a projetos associados a áreas de Cerrado (Tavares 2017). *Guazuma ulmifolia* (mutamba), pouco exigente as características de manejo e do solo, e com índices de sobrevivência superiores a 75%, tem seu uso particularmente recomendado em áreas mais perturbadas sendo considerada também uma eficiente geradora de biomassa (Costa 2014). *Annona sylvatica* (araticum) e *Schinus terebinthifolius* (aroeira),

são adaptadas a ambientes mais úmidos, de maior drenagem, e adequadas a projetos em ambientes fluviais, ripários ou alagados (Camillo, 2018).

Dentre as não pioneiras identificadas no estudo, *Syagrus oleracea* (gueiroba) promove melhoria das propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo, garantindo proteção contra erosão (Melo 2003), e *Attalea exigua* (indaiá) pode ser cultivado em solos de baixa fertilidade (Guimarães e Silva 2013).

De acordo com Isernhagen (2015), é previsto um crescimento da demanda por informações de espécies nativas que não somente atendam seus requisitos básicos da restauração ecológica, mas possam proporcionar fonte de renda complementar em propriedades rurais. Dessa forma as espécies identificadas podem ser utilizadas em sistemas produtivos diversos visando a diversificação de dietas, e a geração de renda para produtores rurais localizados no entorno da Flona de Ipanema através da comercialização de produtos e subprodutos.

Além de potencial promotora de fonte de renda complementar, a associação da biodiversidade alimentar a ações de manejo e a dietas saudáveis é uma abordagem considerada pela Comissão de Recursos Genéticos para Alimentação e Agricultura (CGRFA) como estratégica para garantir a segurança alimentar e nutricional de diferentes populações (FAO 2013).

O incentivo ao cultivo de espécies nativas em SAFs, pode conciliar a produção de alimentos e otimização do uso da terra, promovendo a conservação pelo uso como uma alternativa de recuperação ambiental (Canuto 2017; IPEF 2018). Vale ressaltar que mesmo quando não cultivadas com finalidade produtiva, essas espécies são vistas como recursos genéticos estratégicos para alimentação e agricultura, uma vez que sua relação com polinizadores e dispersores representam um subconjunto vital da biodiversidade (Bioversity International 2019).

Dessa forma a opção por SAFs, pode representar um incentivo importante para promover uma maior adesão a projetos de restauração que possibilitem retorno econômico, a curto e médio prazo, a partir do manejo e comercialização de PFM de uso alimentar. Diante disso foram levantadas a partir da revisão da literatura, informações referentes experiências de cultivo e manejo de parte das espécies nativas alimentares identificadas neste projeto, permitindo que o uso de informações técnicas e produtivas possa tornar mais segura a escolha de determinada espécie para compor SAFs ou sistemas produtivos diversos.

A saber, 17 das espécies identificadas dispõem de informações diversas sobre aspectos agronômicos e silviculturais (Tabela 4) para seus cultivos com finalidade de exploração econômica. As informações incluem biologia reprodutiva, características silviculturais e doenças, disponíveis nas publicações da iniciativa Plantas para o Futuro, da Embrapa, no Sistema Integrado de Gestão Ambiental (SIGAM) da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente, e na Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI), órgão da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo.

Tabela 4. Informações sobre aspectos agrônômicos e silviculturais para cultivo de espécies alimentícias. Legenda: Plantas para o Futuro (Coradin et al. 2018; Coradin et al. 2011); Embrapa (Melo e Guimarães 2002; Melo 2003; Carvalho 2006, 2008, 2010, ISPN 2013), SIGAM (IPEF 2018), CATI (CATI 2020).

Família	Espécie	Plantas para o Futuro	Embrapa	SIGAM	CATI
ANACARDIACEAE	<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	x	x		
ANNONACEAE	<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.		x		
ARAUCARIACEAE	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	x	x	x	
ARECACEAE	<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	x	x		x
	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman		x	x	
CARICACEAE	<i>Jacaratia spinosa</i> (Aubl.) A.DC.		x		
	<i>Vasconcellea quercifolia</i> A.St.-Hil.	x			
CARYOCARACEAE	<i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.	x	x		
FABACEAE	<i>Hymenaea courbaril</i> L.		x		
MALVACEAE	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.		x		
MYRTACEAE	<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg		x		
	<i>Campomanesia pubescens</i> (Mart. ex DC.) O.Berg			x	
	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	x	x	x	
	<i>Eugenia uniflora</i> L.	x	x	x	x
	<i>Plinia peruviana</i> (Poir.) Govaerts	x		x	
	<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	x		x	x
	<i>Psidium guineense</i> Sw.	x		x	

Nesse sentido, as espécies identificadas neste estudo possibilitam uma oferta diversificada de usos, pois assim como em projetos de recomposição florestal, a escolha de espécies nativas adaptadas as condições locais é um fator chave para o sucesso da implantação de SAFs (Souza e Piña-Rodrigues 2013). O desenvolvimento de práticas adequadas de cultivo e manejo podem trazer benefícios econômicos, sociais e ambientais, considerando a adaptação de espécies nativas a territórios específicos e seu potencial para domesticação e melhoramento genético (Souza et al. 2018).

Conclusão

O inventário das Plantas Alimentícias Nativas da Flona de Ipanema realizado demonstrou a existência de uma biodiversidade alimentar pouco conhecida e inexplorada pelos programas de manejo da UC.

As espécies identificadas poderiam ser também manejadas dentro da Flona de Ipanema, em especial na Zona de Manejo Florestal, inseridas em plantios de restauração ou na Zona de Recuperação, considerando a criação de pomares, a coleta e beneficiamento de sementes com o intuito de integrar as ações o Viveiro Florestal da UC e do Projeto Matrizes Florestais da Flona de Ipanema, e ainda utilizadas em modelos de sistemas agrícolas sustentáveis na Zona de Uso Conflitante.

Da mesma forma, as espécies identificadas neste estudo apresentam usos múltiplos e podem ser inseridas em agrossistemas diversos como Sistemas Agrícolas Tradicionais (SAT), sistemas de

Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), SAFs, além de Projetos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs) e Projetos de Restauração Ecológica (PREs), podendo proporcionar fonte de renda para produtores rurais do entorno da Flona de Ipanema.

Enquanto recursos alimentares, as espécies demonstram potencial de consumo, podendo contribuir de forma complementar na diversificação de dietas locais, segurança alimentar e nutricional, ao promover melhor saúde e qualidade de vida as populações do entorno.

Participação dos autores: AG – conceitualização, curadoria de dados, análise formal, investigação, administração do projeto, visualização e redação – rascunho original, revisão e edição; ECL – visualização, validação e redação – revisão e edição.

Aprovação ética: Não se aplica.

Licenças de pesquisa: A pesquisa contou com autorização para atividades com finalidade científica emitida pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO) sob Nº 78084-1 conforme Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014.

Disponibilidade dos dados: O manuscrito teve como base os dados do projeto de dissertação do primeiro autor, disponíveis no Repositório Institucional da UFSCar (<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/17075>) e na base ResearchGate (DOI: <https://10.13140/RG.2.2.23494.96324/1>)

Fomento: Sem fontes de fomento.

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

Referências

Afonso M. 2020. Risco e Ordenamento de Áreas Protegidas: Floresta Nacional de Ipanema e Parque Natural do Alvão. Tese de Doutorado. Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa. Lisboa, 334 p.

Albuquerque GBD, Rodrigues RR. 2000. A vegetação do Morro de Araçoiaba, Floresta Nacional de Ipanema (SP). *Scientia Florestalis* 58:145-159.

Almeida DSde. 2016. Modelos de recuperação ambiental. In: Almeida DSde. *Recuperação ambiental da Mata Atlântica*. 3ed. Ilhéus: Editus, p. 100-137. DOI: <https://doi.org/10.7476/9788574554402>

Andrade TC. 2020. Gosto: um punhado de mandioca e um bocado de cerrado. Palmas: EDUFT, 134 p.

Barbosa LM, Shirasuna RT, Lima FC, Ortiz PRT. 2015. Lista de Espécies Indicadas para Restauração Ecológica para Diversas Regiões do Estado de São Paulo. São Paulo: Instituto de Botânica, 131 p.

Barreto AG. 2018. Avaliação de Processos para Obtenção de Farinha de Pinhão (*Araucaria angustifolia*) e Elaboração de Snacks por Extrusão Termoplástica. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 124 p.

Barros M, Borges IM, Ribeiro E, Prudencio SH, Rocha TdeS. 2020. Estudo da Ação Antioxidante da Farinha de Pinhão em Biscoitos Tipo Cookie. *Brazilian Journal of Health Review* 3(6):16166-16185. DOI: <https://10.34119/bjhrv3n6-043>

Bataghin FA, Barros F, Pires JSR. 2010. Distribuição da comunidade de epífitas vasculares em sítios sob diferentes graus de perturbação na Floresta Nacional de Ipanema. *Revista Brasil. Bot.* 33(3):501-512. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000300012>

Bataghin FA, Barros F, Pires JSR. 2012. Epifitismo vascular em sítios de borda e interior em Floresta Estacional Semidecidual no Sudeste do Brasil. *Hoehnea* 39(2):235-245. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2236-89062012000200006>

- Bataghin FA. 2009. Distribuição da comunidade de epífitos vasculares em diferentes sítios da Floresta Nacional de Ipanema, Iperó, SP, SP - Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. Sorocaba, 99 p.
- Batista R. 2014. Produção e Avaliação Sensorial de Cerveja com Pinhão (*Araucaria angustifolia*). Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Lorena, 108 p.
- BFN. 2018. Species Database (species used for food analysed). Alliance Biodiversity for Food and Nutrition Project - Consultative Group on International Agricultural Research (CGIAR). Disponível em: <<http://www.b4fn.org/about-us/>>. Acesso em: 17 abr. 2021.
- Bioversity International. 2019. Agrobiodiversity Index Report 2019: Risk and Resilience. Rome: CGIAR Research Centre, 182 p.
- Brasil. 1987. Portaria 54, de 05 de março de 1987. Ficam proibidos o abate e a comercialização do pesqueiro (*caryocar brasiliensis*), em todo o território nacional. DOU 13/03/1987, Seção 1 p. 3607.
- Brasil. 2000. Lei Nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III, e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. DOU 19/07/2000, Seção 1.
- Brasil. 2015. Alimentos Regionais Brasileiros 2ed. Brasília: Ministério da Saúde - Secretaria de Atenção à Saúde, 484 p.
- Brasil. 2018. Portaria Interministerial Nº 284, de 30 de maio de 2018. Institui a lista de espécies da sociobiodiversidade, para fins de comercialização in natura ou de seus produtos derivados, no âmbito das operações realizadas pelo Programa de Aquisição de Alimentos-PAA. DOU 10/07/2018, Seção 1, p. 92.
- Brasil. 2019. Bioeconomia da floresta: a conjuntura da produção florestal não madeireira no Brasil / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Serviço Florestal Brasileiro. Brasília: MAPA/SFB, 82 p.
- Brasil. 2022. Portaria MMA Nº148, de 07 de junho de 2022. Altera os Anexos da Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014, da Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014, e da Portaria nº445, de 17 de dezembro de 2014, referentes à atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. DOU 08/06/2022, Seção 1, p.74.
- Broering VE, Nardi D, Sartor SB. 2020. Estudo do Emprego de Pinhão Proveniente da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze) para Produção de Vodca. In: Geração de Conhecimento e Tecnologia Voltados à Aplicação em Processos Químicos e Bioquímicos. Ponta Grossa: Atena Editora, p. 32-39. DOI: <https://10.22533/at.ed.6622018114>
- Burle ML, Fonseca MAJ. 2022. Nem só ex situ, nem só in situ/on farm: por uma conservação integrada da agrobiodiversidade. Revista RG News 8(1):29-34.
- Caiafa NA. 2008. A raridade de espécies arbóreas na Floresta Ombrófila Densa Atlântica: uma análise de metadados. 2008. Tese de Doutorado. Instituto de Biologia Unicamp. Campinas, 93 p.
- Camillo, J. 2018. *Schinus terebinthifolius* - Aroeira-pimenteira. In: Coradin, 2018. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Nordeste. Brasília: Ministério do Meio Ambiente – Secretaria de Biodiversidade, p. 401-412.
- Canuto JC. 2017. Sistemas Agroflorestais: experiências e reflexões. Brasília: Embrapa Meio Ambiente, 216 p.
- Cardoso-Leite EC, Arruda EM, Valente RA. 2020. Planejamento Ambiental e Priorização de Áreas para Conservação em Boituva/SP- Brasil. Sorocaba: Universidade Federal de São Carlos, 136 p.
- Carvalho NCde. 2009. Cronologia de Indaiatuba. Itu: Editora Ottoni, 50 p.
- Carvalho PER. 2006. Espécies arbóreas brasileiras, Vol. 2. Colombo: Embrapa Florestas, 629 p.
- Carvalho PER. 2008. Espécies arbóreas brasileiras, Vol. 3. Colombo: Embrapa Florestas, 597 p.
- Carvalho PER. 2010. Espécies arbóreas brasileiras, Vol. 4. Colombo: Embrapa Florestas, 649 p.

Castro TLA, Santos MSM, Cardoso CAL. 2022. Revisão dos usos e composição química de *Bromelia balansae* Mez (Bromeliaceae). In: Miranda MLD. Fitoquímica: potencialidades biológicas dos biomas brasileiros. São Paulo: Editora Científica Digital, p. 135-147. DOI: <https://10.37885/220307973>

CATI. 2020. Produção Vegetal, Acervo Técnico. Site oficial da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Disponível em: <<https://www.cati.sp.gov.br/portal/produtos-e-servicos/publicacoes/acervo-tecnico>>. Acesso em: 01/04/2022.

Cerino, M.C., Torretta, J.P., Gutiérrez, H.F. et al. 2015. Reproductive biology of *Vasconcellea quercifolia* A. St.-Hil. (Caricaceae), a moth-pollinated 'highland papaya'. *Plant Syst Evol* 301:589-598. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00606-014-1097-6>

Coelho S, et al. 2016. Composição Florística e Caracterização Sucessional Como Subsídio Para Conservação e Manejo do PNMCBio, Sorocaba – SP. *Ciência Florestal* 26(1):331-344. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509821125>

Coradin L, Pareyn FGC, Camillo J. 2018. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Nordeste. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Biodiversidade, 1314 p.

Coradin L, Siminski A, Reis A. 2011. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Sul. Brasília: Ministério do Meio Ambiente Secretaria de Biodiversidade, 934 p.

Corrêa LS, Cardoso-Leite E, Castello AVD, Coelho S, Kortz AR, Villela FNJ, Koch I. 2014. Estrutura, composição florística e caracterização sucessional em remanescente de floresta estacional semidecidual no sudeste do Brasil. *Revista Árvore* 38(5):799-809. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000500004>

Costa TCeCda, Campanha MM, Matrangolo WJR, Miranda GA, Carvalho ERdeO. 2014. Sobrevivência e Crescimento Inicial de Espécies Arbóreo-Arbustivas Nativas Brasileiras para Recuperação de Paisagem Degradada no Cerrado Mineiro. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 8 p.

Dataplant. 2023. *Annona sylvatica* A.St.-Hil. In: Base de dados bibliográfica das plantas nativas usadas pelos brasileiros. Disponível em: <<http://www.dataplant.org.br/v3-novaversao-block/#/planta/?idPlanta=7>>. Acesso em: 21 ago. 2023.

Dataplant. 2023a. *Attalea exigua* Drude. In: Base de dados bibliográfica das plantas nativas usadas pelos brasileiros. Disponível em: <<http://www.dataplant.org.br/v3-novaversao-block/#/planta/?idPlanta=678>>. Acesso em: 21 ago. 2023.

Daudt RM. 2016. Aplicação dos Componentes do Pinhão no Desenvolvimento de Produtos Inovadores nas Indústrias Cosmética e de Alimentos. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 177 p.

Faleiro FG, Junqueira NTV, Jesus OND, Costa AM, et al. 2017. Espécies de maracujazeiro no mercado internacional. In: Junghans TGE, Jesus ON. Maracujá do Cultivo à Comercialização. Brasília: Embrapa, p. 15-37.

FAO. 2013. Report of the Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome: FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments, 76 p.

FAO. 2019. The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture. Rome: FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments, 572 p.

Filho EMC, Sartorelli PAR. 2015. Guia de Árvores com Valor Econômico. São Paulo: Agroicone, Iniciativa INPUT, 141 p.

Flora e Funga do Brasil. 2023. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 16 ago. 2023.

Gomes LJ, Silva-Mann R, Mattos PP, Rabbani ARC. 2013. Pensando a biodiversidade: aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi.). São Cristóvão: Ed. UFS, 372 p.

Guilherme A. 2022. Florestas Comestíveis, o Potencial da Biodiversidade Alimentar Nativa na Floresta Nacional de Ipanema. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba. Sorocaba, 142 p.

- Guimarães CAL; Silva LAM. 2013. Piaçava da Bahia (*Attalea funifera* Martius): do extrativismo à cultura agrícola. Ilhéus: Editus - Editora da UESC, 262 p.
- IBGE. 2012. Manuais Técnicos em Geociência. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2 ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 271 p.
- ICMBio. 2014. Instrução Normativa ICMBio nº 11, de 11 de dezembro de 2014. Estabelecer procedimentos para elaboração, análise, aprovação e acompanhamento da execução de Projeto de Recuperação de Área Degradada ou Perturbada - PRAD, para fins de cumprimento da legislação ambiental. Diário Oficial da União. Seção 1. 12/12/2014. p. 126.
- IPBES. 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science - Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn: IPBES Secretariat, 56 p. DOI: <https://doi.org/10.1111/padr.12283>
- IPEF. 2018. Os Produtos Florestais Não-Madeireiros na Composição de Florestas Nativas com Fins Econômicos e Ecológicos, com ênfase na Reserva Legal – Apêndice 1/V.01. In: IPEF. Florestas Nativas com Finalidade Econômica. Modelos de florestas nativas ou mistas. Indicadores de avaliação de funções ecológicas em florestas plantadas. Produto Técnico. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, p. 1-81.
- Isernhagen I. 2015. Listagem florística de espécies arbóreas e arbustivas de Mato Grosso: um ponto de partida para projetos de restauração ecológica. Sinop: Embrapa Agrossilvipastoril, 166 p.
- ISPAN. 2013. Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável da Gueroba. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 88 p.
- Joly CA, Scarano FR, Seixas CS, Metzger JP, et al. 2019. 1º Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos. São Paulo: Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos, 351 p.
- Junghans TGE, Jesus OND. 2017. Maracujá do cultivo a comercialização. Brasília: Embrapa, 341 p.
- Junior JFS, Souza FVD, Pádua JGA. 2021. A arca de Noé das frutas nativas brasileiras. Brasília: Embrapa, 220 p.
- Kennedy G, Lee WTK, Termote C, Charrondiére R, et al. 2017. Guidelines on Assessing Biodiverse Foods in Dietary Intake Surveys. Rome: FAO, 96 p.
- Kinupp VFE, Lorenzi H. 2014. Plantas Alimentícias não Convencionais (PANC) no Brasil. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 768 p.
- Koch I, Cardoso-Leite E, Almeida VP, Capelo FFM, et al. 2014. Plantas com flores e frutos das áreas de vegetação remanescente do Município de Sorocaba. In: Biodiversidade do Município de Sorocaba: Atualização e subsídios para a sua conservação. Sorocaba: Prefeitura Municipal de Sorocaba, p. 79-124.
- Macedo T. 2016. Mesa Paulista: comer e beber juntos. São Paulo: Ministério da Cultura - Abaçai Cultura e Arte, 482 p.
- Martius KFP von. 2023. Plantas usadas pelos brasileiros e suas substâncias medicinais (título original *Systema Materiae Medicae Vegetabilis Brasiliensis* / publicação original 1843). Belo Horizonte: Fino Traço, 286 p.
- Melo JT, Guimarães DP. 2003. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 31 – Desenvolvimento da Guariroba em Sistemas Agroflorestais no Cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrados, 13 p.
- Melo JT. 2002. Comunicado Técnico 97 - Cultivo de Guariroba (*Syagrus oleracea* Becc.) em Sistemas Consorciados com Espécies Florestais do Cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2 p.
- MMA. 2017. Volume II - Planejamento - Plano de Manejo da Floresta Nacional de Ipanema/Revisão. Iperó: Ministério do Meio Ambiente, 371 p.
- Padovan MP, Pereira ZV, Fernandes SSL. 2018. Espécies arbóreas nativas pioneiras em sistemas agroflorestais biodiversos. Revista GeoPantanal 24:53-68.

Padulosi S, Thompson J, Rudebjer P. 2013. Fighting poverty, hunger and malnutrition with neglected and underutilized species (NUS): needs, challenges and the way forward. Rome: Bioversity International, 60 p. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3494.3842>

Peckolt T, Peckolt G. 2016. História das Plantas Úteis e Medicinais do Brasil (título original: Historia das Plantas Medicinaes e Uteis do Brazil / publicação original 1888-1905). Belo Horizonte: Fino Traço, 900 p.

Piña-Rodrigues M, Almeida VP, Freitas NP, Lourenço RW, Mandowsky D, Lopes GR, Grimald M, Cunha e Silva DC. 2014. Remanescentes florestais: identificação de áreas de alto valor para a conservação da diversidade vegetal no Município de Sorocaba. In: Biodiversidade do Município de Sorocaba: Atualização e subsídios para a sua conservação. Sorocaba: Prefeitura Municipal de Sorocaba, p. 37-63.

Prado, NFO. 2019. Aproveitamento do Endocarpo de Pequi para Desenvolvimento Tecnológico de Paçoca Doce. Dissertação de Mestrado. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Ceres, 43 p.

Prance GT, Pirani JR Caryocaraceae in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB6688>>. Acesso em: 22 ago. 2023

Ronchi HS. 2017. Potencial Alimentício e Medicinal das Espécies Nativas da Área de Proteção Ambiental – APA Corumbataí, Botucatu e Tejuapá – Perímetro Botucatu. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP. Botucatu, 111 p.

Sannazzaro ST de C. 1997. O tempo e a gente. Indaiatuba: Editora Rumograf, 272 p.

Santiago RAC, Coradin L. 2018. Biodiversidade brasileira: sabores e aromas. Serie Biodiversidade 52. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Biodiversidade, 906 p.

São Paulo. 2014. Resolução SMA nº 32 de 03 de abril de 2014. Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. DOE 05/04/2014, Seção I, p. 36/37.

São Paulo. 2016. Resolução SMA Nº 057, de 05 de junho de 2016. Publica a segunda revisão da lista oficial das espécies da flora ameaçadas de extinção no Estado de São Paulo. DOE 07/06/2016, Seção I, p. 69/71.

Silva AT, Mazine FF. 2016. A família Myrtaceae na Floresta Nacional de Ipanema, Iperó, São Paulo, Brasil. Rodriguésia 67(1):203-223. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201667110>

Soares KP. Attalea in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB15678>>. Acesso em: 22 ago. 2023

Souza RG, Dan ML, Dias-Guimarães MA, Guimarães LAOP, Braga JMA. 2018. Fruits of the Brazilian Atlantic Forest: allying biodiversity conservation and food security. Anais da Academia Brasileira de Ciências 90(04). DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820170399>

Souza SCM, Piña-Rodrigues MCF. 2013. Desenvolvimento de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas na Floresta Ombrófila Densa, Paraty, RJ. Revista Árvore 37(1):89-98. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000100010>

Stehmann JR, Mentz LA, Agra MF, Vignoli-Silva M, Giacomini L, Rodrigues IMC. 2015. Solanaceae. In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil2015.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB14805>>. Acesso em: 22 ago. 2023

Sthapit B, Lamers HAH, Rao VR, Bailey A. 2016. Tropical Fruit Tree Diversity. Good practices for in situ and on-farm conservation. New York: Routledge, 458 p.

Swaine MD, Whitmore TC. 1988. On the Definition of Ecological Species Groups in Tropical Rain Forests. Vegetatio 75:81–86. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00044629>

Tavares PRA. 2017. Biologia reprodutiva de *Solanum lycocarpum* (Solanaceae): relação recíproca com abelhas polinizadoras, formigas dispersoras de sementes e drosophilídeos hospedeiros de frutos. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 163 p.

Vieira RF, Camillo J, Coradin L, 2016. Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Centro Oeste. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Biodiversidade, 1162 p.

WFO. 2023. World Flora Online. Disponível em: <<http://www.worldfloraonline.org>>. Acesso em: 16 ago. 2023.



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

Avaliação da qualidade ambiental dos rios da APA Tambaba através do Protocolo de Avaliação Rápida

Randolpho Sávio de Araújo Marinho¹ , Ely Ewerton Amorim Lopes¹ , Wysllayne de Queiroz Silva² , Maria Cristina Crispim^{1,3} , Clarisse Teixeira Adloff⁴ 

1 Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal da Paraíba. Campus I, CEP 58051-900. João Pessoa, PB, Brasil

2 Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Federal da Paraíba. Campus I, CEP 58051-900. João Pessoa, PB, Brasil.

3 Departamento de Sistemática e Ecologia, Universidade Federal da Paraíba, Campus I, CEP 58051-900. João Pessoa, PB, Brasil

4 Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ecoville, Curitiba - PR, CEP 81280-340.

*Autor para correspondência: rando28br@gmail.com

Recebido em 19 de abril de 2023.

Aceito em 11 de julho de 2023.

Publicado em 31 de agosto de 2023.

Resumo - Os corpos hídricos são ecossistemas frequentemente impactados pelas atividades antrópicas, em especial pelo adensamento urbano e pelas atividades agropecuárias. Nesse cenário, faz-se necessário instrumentos que permitam a avaliação e o monitoramento das alterações ambientais nesses ecossistemas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar por meio do Protocolo de Avaliação Rápida, as condições ambientais dos rios inseridos na APA Tambaba, incluindo o Rio Gurugi, a fim de identificar os principais impactos ambientais. Os rios Graú, Bucatu e Gurugi apresentaram maiores impactos, enquanto o Rio Mucatu e o Riacho Caboclo apresentaram melhores condições ambientais. Dentre os 13 pontos avaliados, 3 apresentam condições naturais, 8 alterados e 2 impactados. As alterações mais frequentes ocorreram na mata ciliar (21,30%), nas características dos sedimentos (18,33%) e nas características físicas da água (18,52%). Os pontos apresentaram pior qualidade ambiental à medida que estavam situados mais próximos de centros urbanos. O Protocolo de Avaliação Rápida mostrou-se uma promissora ferramenta para a identificação preliminar de impactos ambientais, no entanto, avaliações mais precisas são necessárias para refinamento do diagnóstico e tomadas de decisões.

Palavras-chave: Area de Preservação Ambiental. Bacia hidrográfica. Impactos ambientais.

The environmental quality assessment of APA Tambaba rivers through the Rapid Assessment Protocol

Abstract - Water bodies are ecosystems impacted generally by human activities, especially urban densification and agricultural activities. In this scenario, instruments are needed to allow the assessment and monitoring of environmental changes in these ecosystems. The objective of the present study

was to evaluate, through the Rapid Assessment Protocol, the environmental conditions of the rivers inserted in the Tambaba Protected Area, including the Gurugi River, in order to identify the main environmental impacts. The Graú, Bucatu and Gurugi rivers had the greatest impacts, while the Mucatu river and the Caboclo Stream had better environmental conditions. Among the 13 points evaluated, 3 presented natural conditions, 8 altered and 2 impacted. The most frequent alterations occurred in the riparian forest (21.30%), in the characteristics of the sediments (18.33%) and in the physical characteristics of the water (18.52%). The points had worse environmental quality as they were located closer to urban areas. The Rapid Assessment Protocol proved to be a promising tool for preliminary identification of environmental impacts, however, more accurate assessments are needed to refine the diagnosis and make decisions.

Keywords: Environmental Preservation Area. Watershed. Environmental impacts.

Evaluación de la calidad ambiental de los ríos de APA Tambaba mediante el Protocolo de Evaluación Rápida

Resumen - Los cuerpos de agua son ecosistemas que frecuentemente son impactados por las actividades humanas, especialmente la densificación urbana y las actividades agrícolas. En este escenario, se requieren instrumentos que permitan evaluar y monitorear los cambios ambientales en estos ecosistemas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar, a través del Protocolo de Evaluación Rápida, las condiciones ambientales de los ríos incluidos en el APA Tambaba, incluido el río Gurugi, con el fin de identificar los principales impactos ambientales. Los ríos Graú, Bucatu y Gurugi presentaron mayores impactos, mientras que el río Mucatu y Riacho Caboclo mostraron mejores condiciones ambientales. De los 13 puntos evaluados, 3 presentan condiciones naturales, 8 alterados y 2 impactados. Las alteraciones más frecuentes ocurrieron en el bosque de ribera (21,30%), en las características de los sedimentos (18,33%) y en las características físicas del agua (18,52%). Los puntos tenían peor calidad ambiental por estar ubicados más cerca de los centros urbanos. El Protocolo de Evaluación Rápida demostró ser una herramienta prometedora para la identificación preliminar de impactos ambientales, sin embargo, se necesitan evaluaciones más precisas para refinar el diagnóstico y tomar decisiones.

Palabras clave: Área de Preservación Ambiental. Cuenca hidrográfica. Impactos ambientales.

Introdução

Os corpos hídricos de maneira geral, e em especial os rios, são um dos ecossistemas alterados pelas atividades antrópicas. A intensa ocupação das margens fluviais tem sido responsável pela degradação dos habitats aquáticos. A urbanização das sociedades modernas, o desenvolvimento de atividades agropecuárias e o elevado uso de recursos hídricos tem ocasionado perda da qualidade ambiental

mediante mudanças nas características físicas e químicas desses ecossistemas (Minatti-Ferreira e Beaumord 2006).

Nos últimos anos, têm sido cada vez mais evidenciados os impactos das atividades humanas sobre os recursos hídricos, especialmente em rios e riachos. Alterações diretas como as decorrentes de construção de represas, reservatórios, retificação e canalização de cursos de água, são exemplos claros da interferência antrópica sobre a paisagem natural. Direta ou indiretamente, o uso continuado – e inadequado – do solo também vem provocando aumento de carga de sedimentos por meio da drenagem difusa, sem contar a descarga de grandes quantidades de efluentes orgânicos e inorgânicos, nas regiões mais populosas e/ou industrializadas (Schwarzbold 2000).

Em função dessas constatações, a necessidade de se avaliar e monitorar as alterações ambientais e suas consequências nos ecossistemas aquáticos torna-se crescente (Rodrigues et al. 2008 e Padavesi-Fonseca et al. 2010). Nesse contexto, uma das formas de se avaliar os rios e riachos é através da utilização do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios, instrumento relativamente recente originários da agência ambiental dos EUA (Rodrigues et al. 2008; Calisto, 2002).

Esta metodologia prática possibilita identificar os diversos parâmetros que influenciam na qualidade dos cursos de água como um todo, levando em consideração as atividades antrópicas, bem como as alterações decorrentes da mesma em todo o meio ambiente. A técnica incorpora uma série de atributos físicos, os quais são pontuados ao longo de um gradiente numérico gerando o nível de perturbação do curso de água em análise, baseado na inspeção visual ou em uma quantidade mínima de medidas. Assim, os protocolos simplificados constituem-se em importantes ferramentas nos programas de avaliação ambiental (Callisto et al. 2002).

No Brasil em específico, o uso dos protocolos de avaliação rápida tem aumentado nos últimos anos, com utilizações diferenciadas. Já é possível observar estudo sobre a inserção da sociedade no monitoramento dos recursos hídricos através destes protocolos (Rodrigues et al. 2008), e sobre a realização de diagnósticos das condições ambientais de rios e riachos de diferentes estados da federação.

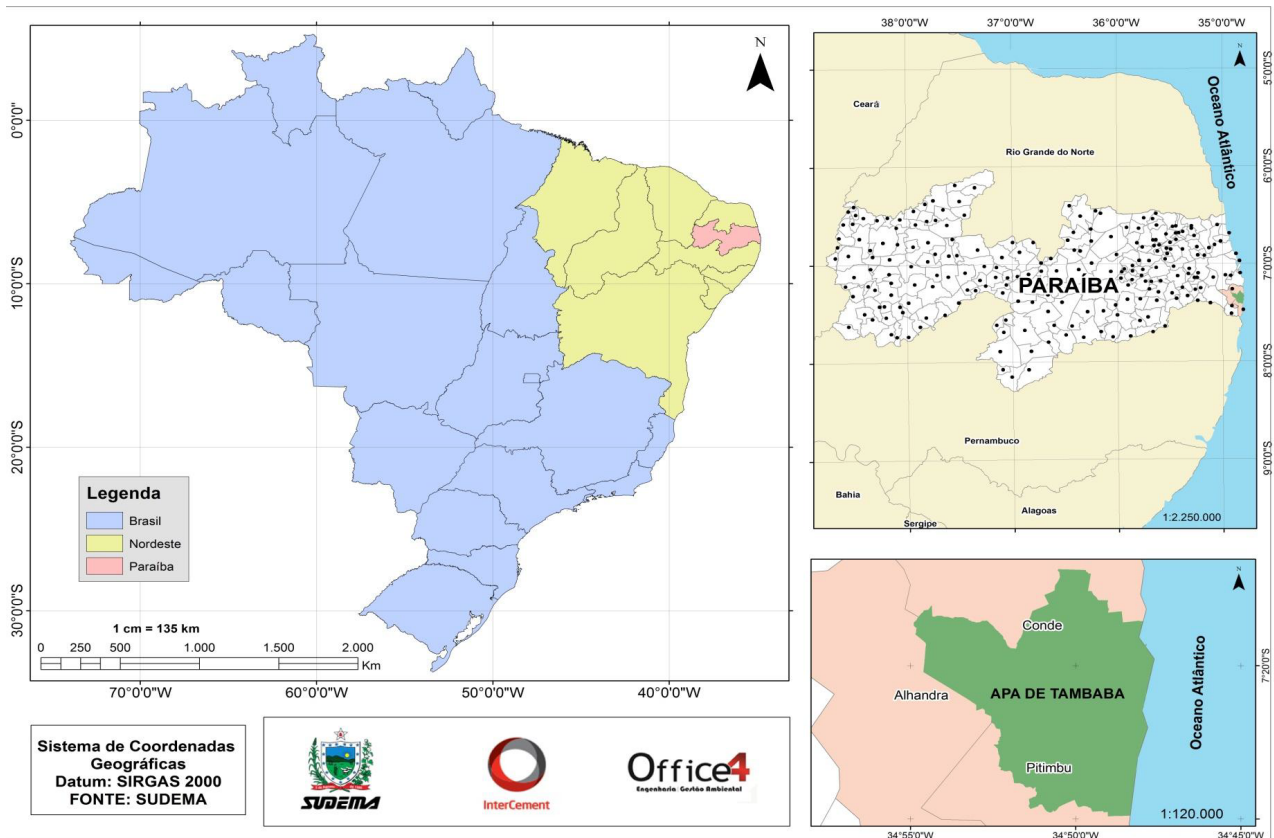
Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar por meio do Protocolo de Avaliação Rápida proposto por Calisto (2002), as condições ambientais dos rios inseridos na APA Tambaba, incluindo o Rio Gurugi, a fim de identificar os principais impactos ambientais nestes rios.

Material e Métodos

Área de Estudo

A APA Tambaba foi criada através do Decreto Estadual Nº 22.882, de 26 de março de 2002, situando-se entre os paralelos 7° 25' 00" e 7° 16' 30" Latitude Sul, e entre os meridianos 34° 55' 00" e 34° 47' 30" Longitude Oeste, na mesorregião da Mata Paraibana, entre os municípios do Conde, Pitimbu e Alhandra (Figura 1). Encontram-se inseridas na APA, as praias de Tabatinga, Coqueirinho, Tambaba, Graú e praia Bela, além das localidades de Mata da Chica, Garapaú, Andreza, Roncador e Mucatú. (Sudema, 2015; Santos e Sousa Neto 2011).

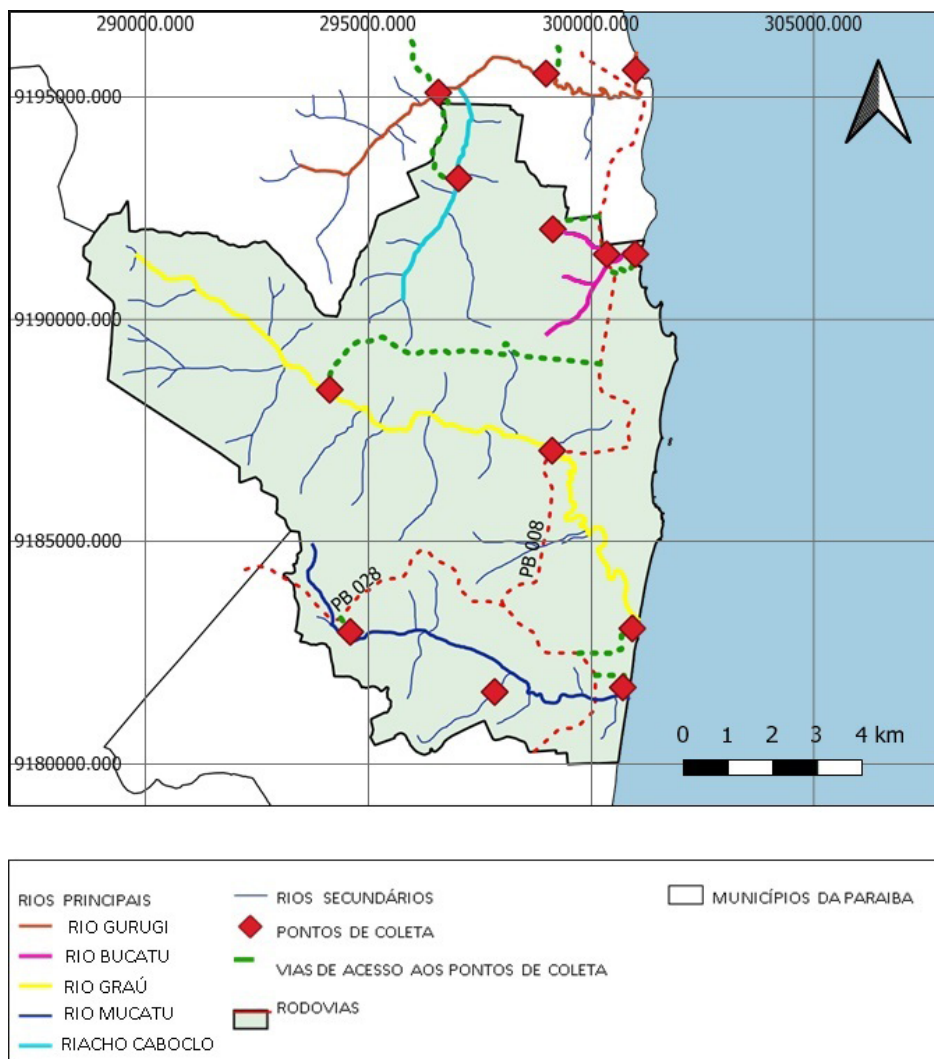
Figura 1. Mapa de localização da APA Tambaba.



Fonte: SUDEMA, 2017.

Os rios estudados estão inseridos em áreas da APA Tambaba, incluindo as microbacias hidrográficas dos rios Bucatu e Gurugi e Riacho Caboclo, localizadas no município de Conde; Rio Mucatu no município de Pitimbu; e Rio Graú, com suas nascentes no município de Alhandra e sua foz em Pitimbu (Figura 2).

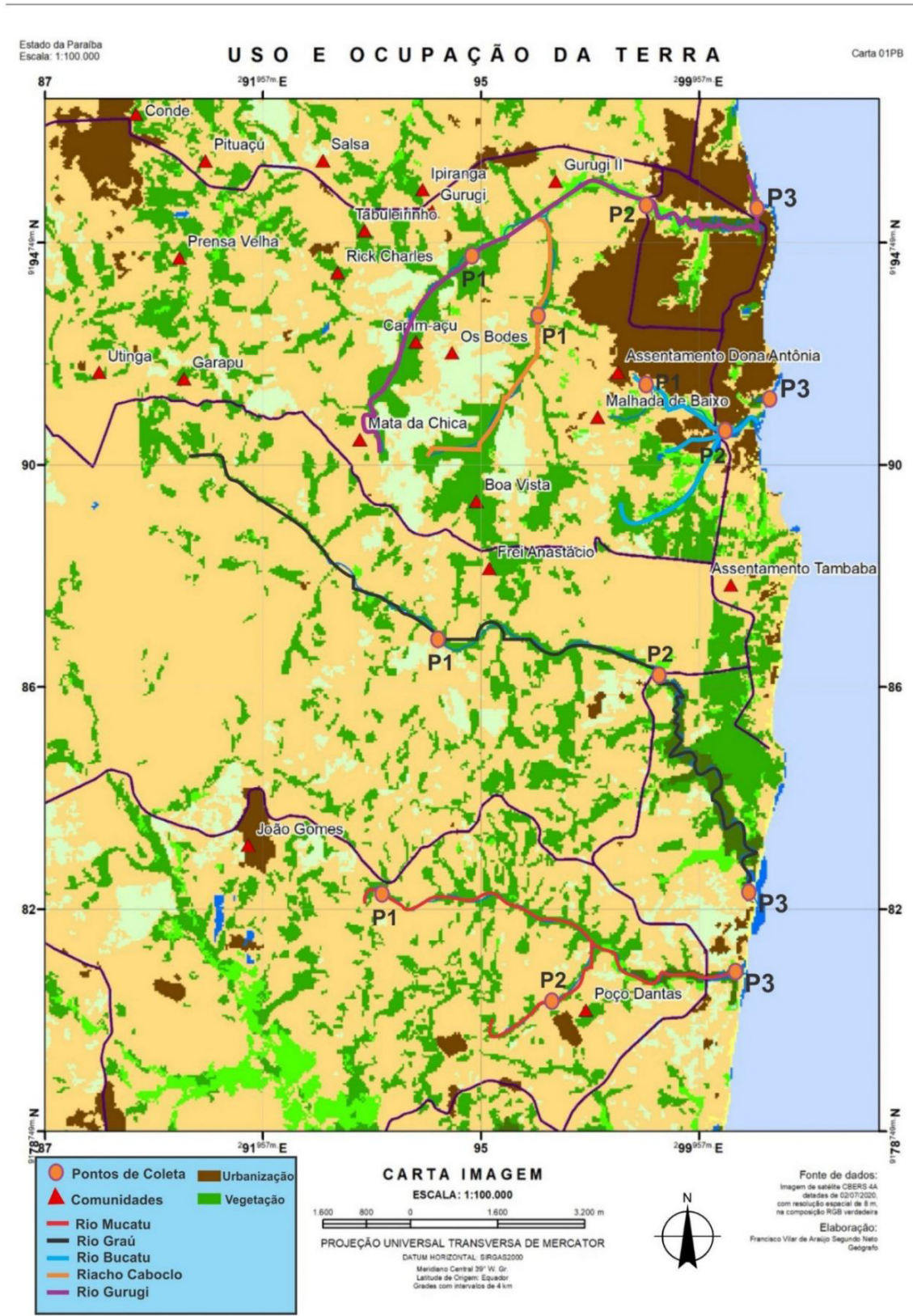
Figura 2. Rios que cortam a APA Tambaba, incluindo o Rio Gurugi.



Fonte: Kaio Freitas, 2021.

Os pontos de coleta foram selecionados em trechos a montante e a jusante dos rios, e próximos a comunidades que estão inseridas na APA Tambaba (Figura 3). De modo a avaliar 13 pontos, 3 pontos por rio e 1 ponto no riacho, cujas coordenadas geográficas foram obtidas in loco através de GPS Portátil (Tabela 1). O ponto 1 correspondendo às áreas próximas das nascentes, o 2 em trecho intermediário e o 3 no estuário.

Figura 3. Mapa de uso e ocupação da terra, mostrando os pontos de cada rio que corta a APA Tambaba.



Fonte: Francisco Segundo Neto, 2023

Tabela 1. Lista de coordenadas dos pontos avaliados.

Pontos	Coordenadas
Rio Gurugi	
1	7°16'41.68"S / 34°50'33.29"O
2	7°16'28.09"S / 34°49'14.40"O
3	7°16'25.80"S / 34°48'8.83"O
Rio Bucatu	
1	7°18'22.00"S / 34°49'9.90"O
2	7°18'48.95"S / 34°48'30.55"O
3	7°18'40.47"S / 34°48'9.60"O
Rio Graú	
1	7°20'18.69"S / 34°51'53.60"O
2	7°21'3.92"S / 34°49'11.08"O
3	7°23'14.22"S / 34°48'12.92"O
Rio Mucatu	
1	7°23'15.90"S / 34°51'39.30"O
2	7°24'0.25"S / 34°49'53.84"O
3	7°23'57.30"S / 34°48'20.05"O
Riacho Caboclo	
1	7°17'44.48"S / 34°50'18.72"O

Avaliação da qualidade ambiental através do Protocolo de Avaliação Rápida

Foram avaliados a qualidade ambiental dos rios que compõem as bacias hidrográficas pertencentes à APA Tambaba. Para tanto, foi aplicado o Protocolo de Aplicação Rápida, proposto por Callisto et al. (2002). As avaliações foram realizadas em outubro de 2020 por 3 pessoas, a fim de reduzir o viés.

A partir de parâmetros que avaliam diversas características do corpo hídrico e da paisagem do entorno (Quadros 1 e 2), os parâmetros foram pontuados pelos três observadores conforme estabelecido no protocolo. Em seguida, mediante o somatório da pontuação para cada observador e em cada parâmetro nas respectivas estações de coleta, foi feita a média e em seguida realizado o somatório final, e posteriormente realizada a classificação do ambiente nas condições de natural, alterado ou impactado. Neste caso, foram consideradas as médias dos 3 avaliadores.

Quando a pontuação é maior que 54 pontos significa que o curso de água possui características físicas de ambiente natural; pontuação entre 44 – 54 pontos significam que o curso de água se encontra alterado; e pontuação menor que 44 pontos significam que o curso de água encontra-se impactado.

Quadro 1. Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats aplicado em trechos de Bacias Hidrográficas (CALISTO, 2002).

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO		
	4	2	0
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação natural	Campo de pastagem/ Agricultura/ Monocultura/ Reflorestamento	Residencial/Comercial/ Industrial
2. Erosão próximas e/ ou as margens e assoreamento em seu leito.	Ausente	Moderada	Acentuada
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de origem doméstica (Esgoto, Lixo)	Alterações de origem industrial / urbana (fábricas, siderurgias, canalização, retificação do curso do rio)
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva/cor de chá-forte	Opaca ou colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderado	Abundante
10. Tipo de fundo	Pedras	Lama/areia	Cimento/canalizado

Quadro 2. Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats aplicado em trechos de Bacias Hidrográficas (CALISTO, 2002).

PARÂMETROS	PONTUAÇÃO			
	5 pontos	3 pontos	2 pontos	0 ponto
11. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidade de habitats insuficiente; substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvias; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.

12. Extensão de Rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio.	Rápidos com a largura igual à do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.
13. Frequência de Rápidos	Rápidos relativamente frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	Rápidos não frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	Geralmente com lâmina d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela largura do rio maior que 25.
14. Tipos de Substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes.	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.
15. Deposição de Lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
16. Depósitos Sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos.	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 a 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido à significativa deposição de sedimentos.
17. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes; evidência de modificações há mais de 20 anos.	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado.
18. Características do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.

19. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de desflorestamento; todas as plantas atingindo a altura “normal”.	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; desflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura “normal”.	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; desflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura “normal”.	Menos de 50% da mata ciliar nativa; desflorestamento muito acentuado.
20. Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
21. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18 m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12 m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6 m; vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica.
22. Presença de plantas aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídas no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos de macrófitas (p.ex. aguapé).

Resultados e discussão

De acordo com os resultados obtidos, os rios da APA Tambaba foram classificados, de modo que dos 13 pontos investigados apenas 3 foram classificados como naturais, 8 foram classificados como alterados e 2 foram classificados como impactados (Tabela 2).

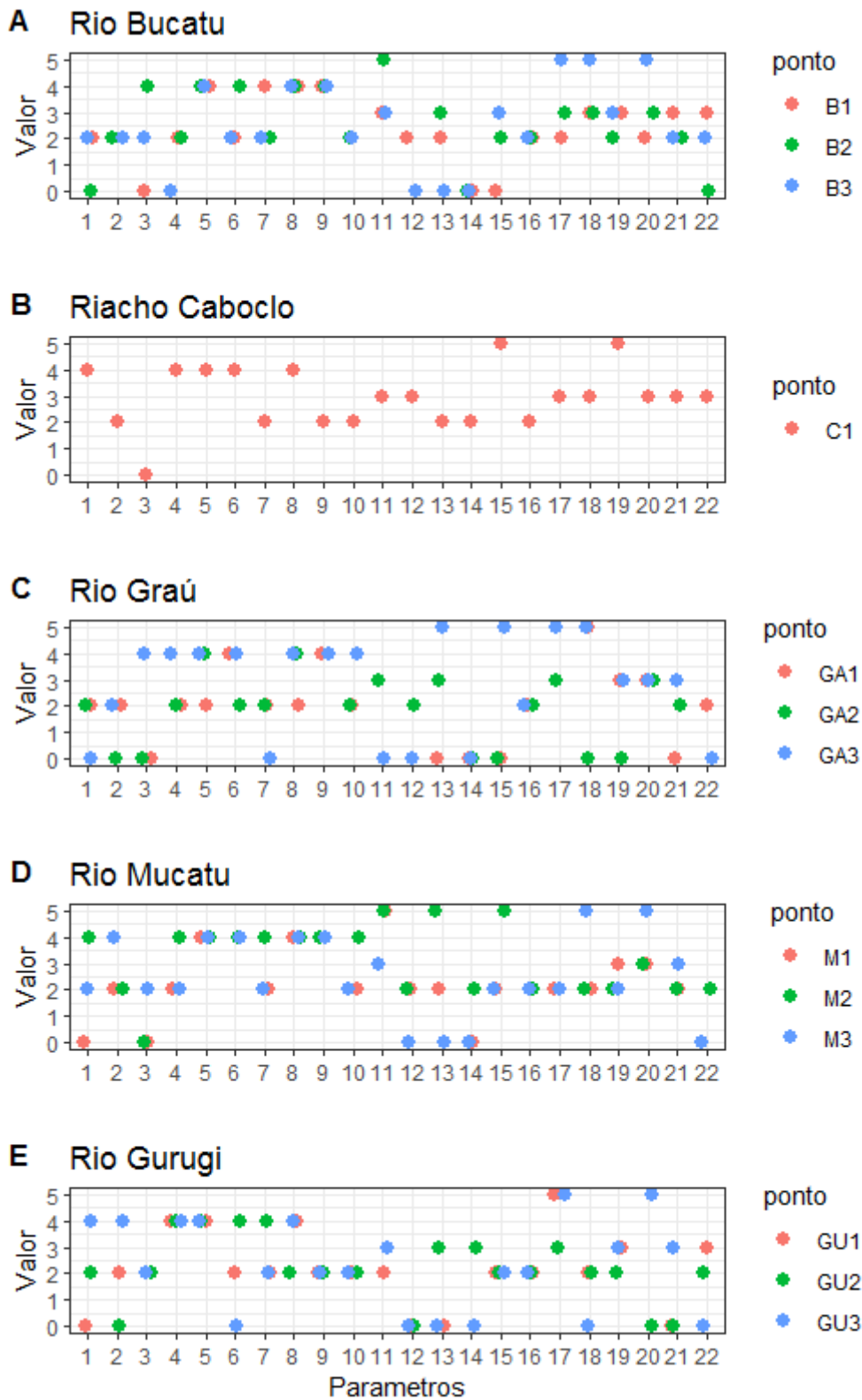
A maioria dos pontos que estiveram em uma condição alterada, estão localizados próximos a comunidades ou em estuários que contêm intensa atividade antrópica. É comum que a qualidade ambiental diminua em trechos que estejam inseridos em áreas urbanas, ou em que haja algum tipo de intervenção humana como lançamento de esgoto doméstico, lixo domiciliar, desmatamento da vegetação ripária com a finalidade de ocupação colaborando significativamente para que a qualidade ambiental nestas áreas seja reduzida (Oliveira 2015).

Tabela 2. Avaliação segundo o Protocolo de Avaliação Rápida de todos os pontos dos rios avaliados.

Pontos	Condição	Pontuação
Rio Gurugi		
1	alterado	48
2	alterado	48
3	alterado	51
Rio Bucatu		
1	alterado	51
2	alterado	53
3	alterado	54
Rio Graú		
1	impactado	43
2	impactado	40
3	natural	61
Rio Mucatu		
1	alterado	48
2	natural	68
3	alterado	54
Riacho Caboclo		
1	natural	65

Foi determinado a pontuação de cada parâmetro nos pontos de cada rio (Figura 4). A ampla variação identificada entre os pontos é justificada pelas diferentes características físicas e de paisagem próprias entre os trechos, como pode ser observado nos registros fotográficos de cada ponto (Figura 4).

Figura 4. Distribuição das pontuações dos parâmetros avaliados nos rios Bucatu, Graú, Mucatu, Gurugi e riacho Caboclo.



Riacho Caboclo

O Riacho Caboclo é um afluente do Rio Gurugi, localizado próximo da comunidade Dona Antonia. Neste riacho apenas um ponto foi analisado. Tem as suas margens bem protegidas, com uma excelente vazão e com um alto potencial de irrigação para exploração de culturas produtivas (SILVA 2017). O resultado da aplicação do protocolo confirma que a condição encontrada é de “ambiente natural” (P1 = 65), apesar de terem sido observadas algumas alterações no trecho do riacho, como uma pequena ponte para passagem de veículos (Figura 5).

Figura 5. Único ponto do Riacho Caboclo, afluente do Rio Gurugi.



Comparando com o Rio Gurugy que apresentou pior qualidade ambiental, pode-se verificar que apesar de apresentar maior cobertura vegetal perto do P1, este rio apresenta 3 comunidades perto, o que pode enviar esgoto não tratado para o seu leito, além de ter maior uso do rio, o que o Riacho Caboclo não apresenta, tendo a sua região a montante também bem vegetada e apenas uma comunidade mais perto.

Os parâmetros que receberam menores pontuações foram erosão próxima às margens, transparência da água, oleosidade do fundo, tipo de substrato, deposição de lama e alterações no canal do rio (Figura 4). A cor um pouco escurecida das suas águas é proveniente da grande quantidade de matéria orgânica presente na água ou do sedimento de característica lamosa.

Os rios com águas mais escuras, geralmente apresentam suas águas mais ácidas, e são o resultado de drenagem por área de vegetação baixa e solo arenoso (Gaillardet et al., 1997; Pinheiro e Borges, 2013). Estas águas escuras possuem características próprias, pela presença de Sólidos Totais Dissolvidos, devido à presença de material orgânico dissolvido (ácidos húmicos e fúlvicos), derivados da decomposição vegetal (Sioli, 1984; Ertel et al., 1986).

Águas mais escuras podem ou não ser sinal de poluição e no geral, o ambiente apresentou poucos aspectos negativos. Na região Amazônica é comum rios com águas pretas, que são o resultado da presença de muita vegetação (Pinheiro e Borges, 2013) e não de poluição, como registrado aqui no caso do Riacho Caboclo.

Os processos que interferem nas condições naturais dos recursos hídricos estão relacionados, principalmente, com a urbanização e exploração do solo e subsolo pela mineração e agropecuária. O uso e ocupação do solo de uma bacia hidrográfica e conseqüentemente, os usos múltiplos da água alteram as características físicas, químicas e ambientais não apenas dos corpos hídricos, mas também de suas margens e do seu entorno. Sendo assim, são poucos os cursos fluviais que ainda mantêm suas condições naturais preservadas (Vargas e Júnior 2012).

Rio Gurugi

A Bacia do Rio Gurugi está inserida na Mesorregião de Mata Atlântica Paraibana, próximo ao município do Conde. Esta Bacia é composta pelos rios Estiva, Caboclo e Pau Ferro. Entretanto somente o Riacho Caboclo é que se insere na APA Tambaba. Segundo a aplicação do protocolo de avaliação rápida, todos os pontos apresentaram “condição alterada” (P1 = 48, P2 = 48 e P3 = 51) e estão localizados próximos das comunidades Dona Antônia, Rick Charles e Gurugi II (Figura 6).

Figura 6. Pontos de coleta do Rio Gurugi.



O P1, localizado próximo da comunidade quilombola Gurugi II, é um ponto que os moradores utilizam para lavar roupas. Além disso, apresenta construções em suas margens, como bares, quiosques e estacionamentos. O P2 teve a sua margem modificada para construção de uma ponte com estrada de acesso de veículos e estacionamento em uma das margens do rio. O P3 apresentou construções nas suas margens incluindo bares. Além disso, foi identificado o uso de embarcações a motor em seu leito, o que justifica o aspecto oleoso da água em alguns trechos da margem.

Especialmente nos P1 e P2 foram identificadas alterações referentes aos parâmetros de extensão, frequência de rápidos, extensão da mata ciliar e estabilidade das margens. Não foi identificado odor na água em nenhum dos pontos (Figura 4).

A retirada da cobertura vegetal de áreas marginais para fins de criação de núcleos urbanos (cidades, bairros e vilas) está inserida no processo de ocupação territorial. Estas ocupações, por sua vez, geralmente acontecem desordenadamente, ou seja, sem a preocupação de um planejamento da área a ser ocupada, dificultando a gestão da área, causando problemas ao meio ambiente (Horta, 2006). Mesmo quando não tem ocupação por construções e urbanização nas margens do rio, no caso de muitos trechos é visível a degradação, principalmente pela remoção de mata ciliar para o lazer e

estacionamento, que é o que se verifica no P1 do Rio Gurugi e em outros analisados aqui. O P2 por exemplo tem uma grande extensão sem presença de mata ciliar, apenas com vegetação rasteira.

Bersot (2015), também avaliando trechos do Rio Imbé localizado no município de Trajano de Moraes/RJ, considerou trechos alterados em seu trabalho, com destaque para um dos pontos que continha ocupações residenciais e comerciais, que influenciaram diretamente na instabilidade das margens do rio.

A ocupação do solo no entorno de cursos de água (rios, córregos, lagos, oceanos) e a pressão exercida pelas atividades antrópicas, tem alterado significativamente o meio físico, comprometendo os serviços oferecidos por este recurso, como por exemplo, o abastecimento de água para as populações (Vieira, 2007).

Rio Bucatu

O Rio Bucatu, vem passando por um processo de ocupação do seu entorno, fruto das pressões ocasionadas pelas populações humanas que agem direta e indiretamente sobre a sua bacia. A beleza cênica das praias próximas ao rio e a facilidade do acesso a tais praias, promovida pela existência de uma rodovia estadual que liga a região à capital do estado, favoreceram o crescimento do setor imobiliário, que transcendeu os espaços costeiros, adentrando cada vez mais rumo ao interior do continente (Marinho, 2018). Esse processo causa diversas alterações no ambiente, como terraplanagem, queimadas, supressão e impactos na vegetação, principalmente no manguezal (Lima, 2012).

A aplicação do protocolo, neste rio confirmou o aumento dos impactos causados pelo avanço da ocupação urbana, visto que todos os pontos apresentaram a condição de “ambiente alterado”. Além disso, indicou um aumento na qualidade ambiental ao longo do trecho do rio à medida que se aproximava do estuário (P1 = 51; P2 = 53 e P3 = 54). Os parâmetros que receberam menores pontuações foram erosão próximo das margens, tipo de ocupação nas margens, cobertura vegetal no leito, sendo considerados aspectos negativos para os três pontos de coleta no Rio Bucatu (Figura 7).

Figura 7. Pontos de coleta do Rio Bucatu.



O P1 está localizado em uma área com nascentes do Rio Bucatu que está próxima da comunidade Dona Antônia. Foi possível verificar aspectos negativos como instabilidade e erosão acentuada das margens, presença de oleosidade na água, alterações no canal do rio e presença de lixo nas margens e no leito do rio. Nas encostas ao redor da nascente, foram identificadas áreas desmatadas para cultivo de agricultura, essa pode ser uma das causas do alto índice de erosão e alteração do leito do

rio observadas. O P2 está localizado mais afastado da maior mancha de urbanização, justificando a redução dos impactos em relação ao P1. O desmatamento da vegetação do entorno para construção de casas de veraneio foi marcante no P2 e P3. No entanto, a presença de mangue, com restrição de ocupação humana permitiu aumentar um pouco os valores do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios. Bersot *et al.* (2015), também registraram os ambientes do rio alterados e impactados mais perto da urbanização, um ponto natural, com água transparente e muitos seixos e outro muito próximo a este, mas alterado, devido ao assoreamento, por estar perto de área de pastagem.

Sabe-se que as matas ciliares, ao longo de um rio funcionam como uma barreira natural, tendo como uma de suas funções conter os processos erosivos, pois atuam como uma barreira contendo a força das águas e das marolas, como também evitam que os sedimentos oriundos da erosão se depositem no leito do rio, o que levaria à diminuição de seu volume. Em virtude disso, as áreas com mata localizadas na área de abrangência dos rios, evitam a chegada das ondas nas suas margens e retêm maiores quantidades de sedimentos em comparação com as áreas onde não existe (Teixeira *et al.* 2014). Além disso, as árvores presentes retêm nutrientes e sedimentos carregados pela água de escorrência das chuvas, evitando que alcancem os rios, reduzindo o aumento da eutrofização. No caso deste estudo, como os rios analisados são de pequeno porte, a presença de ondas era apenas registrada nas áreas estuarinas, por influência da maré.

Rio Graú

O Rio Graú apresenta suas nascentes no município de Alhandra e seu estuário na divisa entre os municípios de Conde e de Pitimbu. De acordo com os resultados da aplicação do protocolo (Figura 4), o rio apresentou “condição impactada” nos trechos a montante (P1 = 43 e P2 = 40), o trecho próximo ao estuário foi identificado como “condição natural” (P3 = 61), apesar de ter algumas construções em uma das margens (Figura 8).

Figura 8. Pontos de coleta do Rio Graú.



Como pode ser visto na (Figura 3), o Rio Graú apesar de não apresentar comunidades perto do seu leito, apenas a Aldeia Vitória, apresenta muitas áreas de agricultura, o que altera a sua qualidade ambiental, por outro lado, perto da foz aumenta a área vegetada, principalmente pela presença do mangue, o que justifica a melhor qualidade ambiental.

O P1 é localizado próximo da Aldeia Vitória, comunidade do povo indígena Tabajara. Nesse ponto, o rio apresentou condições de degradação, pela presença de lixo doméstico e pelo aspecto

visual opaco da água e o odor fétido, indicando provável lançamento de efluentes sanitários em local a montante do coletado.

Em um ponto próximo ao perímetro urbano foi identificadas construções irregulares realizando despejo direto de efluentes sem qualquer tratamento no rio. Outro estudo realizado por Fernandez e Sander (2006) constatou que de treze pontos avaliados com a aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida em Iguarapé Caxangá (Boa Vista/RR), apenas um trecho não foi classificado na categoria de “condição impactada”. Isso demonstra a situação atual dos rios no país, revelando a necessidade de que as áreas ambientais dos rios, principalmente no que concerne às APPs sejam conservadas, de forma a conservar esses ambientes e proporcionar melhores qualidades para os rios, recursos tão importantes, não apenas como recurso para os humanos, mas também como manutenção dos ecossistemas aquáticos, para toda a biota neles presente.

As implicações ambientais decorrentes das atividades urbanas em uma microbacia no município de Boa Vista/RR, levaram Falcão (2010) a concluir que as relações entre homem e meio ambiente, estabelecidos por meio dos processos de ocupação e sistema de exploração dos recursos naturais, acarretam mudanças físicas, ambientais, sociais e culturais, geralmente inadequadas e com efeitos ambientais adversos, a maior parte deles negativa para o ambiente natural.

O P2 apresentou alterações antrópicas, incluindo a remoção da mata ciliar para o plantio de monoculturas de banana e de bambu em ambas as margens, e a construção de uma ponte para a rodovia PB 008. Tais alterações justificam a existência de processos erosivos nas margens. Além disso, a água apresentou aspecto opaco e presença de oleosidade. No P1 e P2 verificou-se grande presença de lama no substrato.

O P3 apresentou visualmente uma boa preservação ambiental do estuário, apesar de construção imobiliária em uma das margens. Além disso, a água apresentou coloração escura, provavelmente devido à grande quantidade de matéria orgânica decomposta, natural do ambiente de manguezal, que como citado acima, ao decompor libera ácidos húmicos e fúlvicos, que dão a cor escura às águas (Sioli, 1984; Ertel et al., 1986).

O desenvolvimento urbano está frequentemente associado com a substituição de ambientes naturais ou seminaturais por ambientes construídos, direcionando o fluxo de águas pluviais para os corpos de água adjacentes aos canais de drenagem, o que aumenta o movimento superficial das águas, reduzindo a recarga dos aquíferos. Além deste desequilíbrio, a supressão da vegetação, cuja função ecossistêmica é desempenhar a retenção do escoamento das águas pluviais desencadeia processos erosivos responsáveis pela deposição de sedimentos, constituindo um cenário de propensão a enchentes e a danos à vida aquática (Benini et al. 2003). Portanto, intervenções não planejadas na infraestrutura de um sistema urbano podem acarretar na degradação dos recursos hídricos, os quais são essenciais para a manutenção da vida, sendo utilizados para inúmeros fins, tais como: usos domésticos, irrigação agrícola, uso industrial, dessedentação de animais, pesca, lazer, geração de energia elétrica e turismo. O uso inadequado deste recurso para os seus usos múltiplos pode causar conflitos na qualidade e quantidade dos mesmos (Baio 2009). Apesar dos rios analisados não estarem propriamente em meio urbano, demonstram bastantes alterações que os coloca em estado alterado, o que afeta também a biota presente e com certeza a qualidade de suas águas, comprometendo o uso desse recurso para os seres humanos.

Rio Mucatu

O Rio Mucatu tem as suas águas utilizadas na irrigação de cultivos agrícolas como acerola, maracujá, inhame, banana e mandioca através de barragens, e em sua desembocadura na Praia Bela é uma importante atração turística para a região (Silva 2010). Segundo a aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios, apenas o P2 apresentou “condição natural” (P2 = 68), este localizado no Riacho do Boi afluente do Rio Mucatu e próximo à comunidade Nova Vida. O P1, próximo da comunidade Mucatu, e o P3, próximo ao estuário em Praia Bela, foram classificados como de “condição alterada” (P1 = 48 e P3 = 54). (Figuras 4 e 9). Como pode ser visto a presença de urbanização nestes dois pontos foi mais intensa (Figura 3).

Figura 9. Pontos de coleta do Rio Mucatu.



O P1 apresentou alterações antrópicas pela leve ocupação urbana em suas margens, em razão desse trecho cruzar o perímetro urbano da comunidade Mucatu, onde foram identificadas diversas construções de casas e comércio, além da presença de viveiros de piscicultura. No P2 observou-se a manutenção das matas ciliares e boa qualidade ambiental, apesar de haver plantios de agricultura após as matas ciliares e uma pequena passagem para veículos feita com troncos de madeira.

Nos P1 e P2 observou-se processos erosivos, provavelmente ocasionados pelas alterações nas margens do rio. Além disso, foi constatado a coloração escura da água e substrato lamoso, essa característica pode estar associada ao lançamento de efluentes domésticos ou de piscicultura, causando o aumento da matéria orgânica nesses trechos. O P2 apresentou melhor qualidade do que o P1 em relação à extensão de rápidos, tipo de substrato e deposição de lama, possivelmente por apresentar maior vazão no riacho, assim colaborando para uma boa oxigenação da água e do substrato.

O P3 apresentou alto grau de alterações das margens pelas construções imobiliárias, a exemplo de bares e restaurantes, além de ocorrer a disposição indevida de lixo doméstico. No entanto, a água aparentou boa qualidade pela não existência de odor ou oleosidade.

A avaliação ambiental realizada na região do Baixo Rio Paraíba do Sul por Souza (2015) identificou maior qualidade em pontos a jusante localizados dentro do perímetro urbano do que em nascentes também localizadas em área urbana. Esse resultado evidencia a capacidade de autodepuração dos rios, de modo a recuperar a qualidade ambiental mesmo após trechos impactados. Isso também se verificou neste estudo, em que alguns rios apresentaram piores condições de qualidade nas cabeceiras, mas melhoraram perto da foz.

Pontuações referentes a trechos naturais foram também detectadas por Pandovesi-Fonseca (2010) em regiões de área preservada (córregos Brejinho e Fumal) e em área de transição na porção inicial

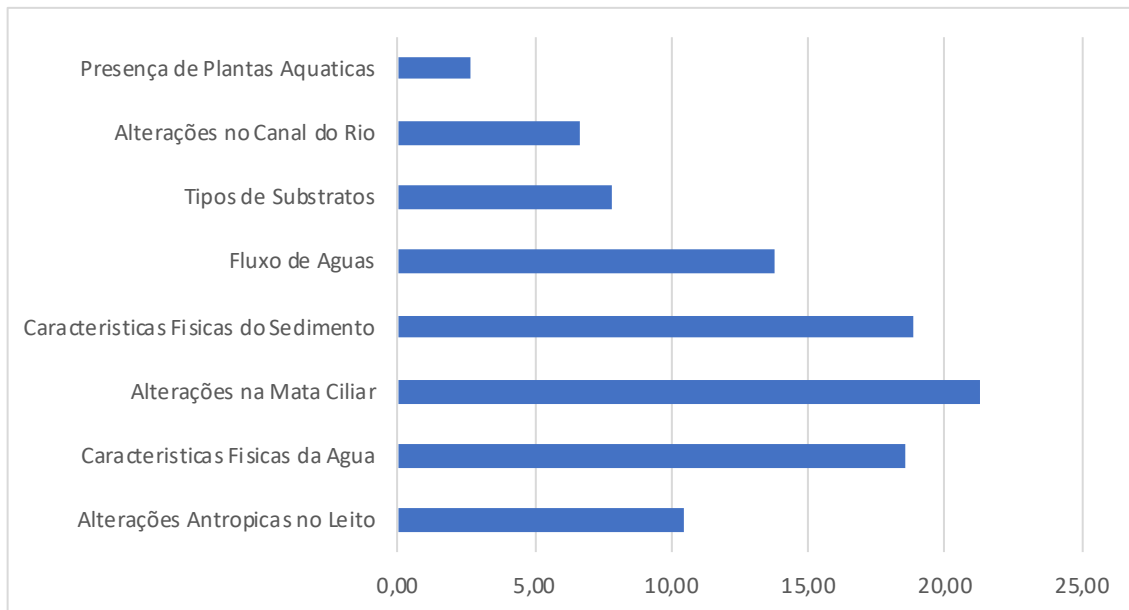
do Córrego Sarandi, afluente da margem direita do Ribeirão Mestre d'Armas - Distrito Federal. As áreas naturais apresentam em comum a preservação das matas ciliares e características da água e de sedimentos indicadores de boa qualidade ambiental. Esses locais apresentam vegetação ripária nativa preservada e sedimento com predominância de seixos e cascalhos, revelando ausência de assoreamento. A presença de Poço Dantas nas proximidades do P2 não foi o suficiente para levar à perda de qualidade ambiental nesse local.

A estabilidade das margens é medida de acordo com a ocorrência ou ausência de erosão no seu decorrer. Na medida em que se observam áreas erodidas, instáveis e com a possibilidade do surgimento de novos problemas no futuro, essas margens são classificadas como condição “péssima”. Para que uma margem seja considerada estável e possua uma classificação de condição “ótima”, é necessário que ocorra uma mínima quantidade de erosão e um nível de risco muito pequeno para surgimentos de problemas futuros (Rodrigues e Castro, 2008). A estabilidade das margens evita que ocorra o assoreamento dos cursos de água.

Vale salientar também que a eliminação das matas ciliares acelerada nos últimos anos, vem causando vários processos de deterioração na qualidade dos ambientes naturais. Diversos autores têm destacado a importância da mata ciliar para a manutenção da qualidade dos ambientes aquáticos. Dentre os benefícios proporcionados ao meio ambiente por esta vegetação, tem merecido destaque o controle da erosão nas margens dos rios e córregos; a redução dos efeitos de enchentes; manutenção da quantidade e qualidade das águas (Rosa e Irgang, 1998; Arcova e Cicco, 1999); filtragem de resíduos de produtos químicos como agrotóxicos e fertilizantes (Martins e Dias, 2001); além de servir de habitat para diferentes espécies animais contribuindo para a manutenção da biodiversidade da fauna local (Paz, 2008).

Na Figura 10, foram agrupados os parâmetros que fossem semelhantes para que fossem visualizados os principais aspectos que contribuíram para os resultados finais de todos os 13 pontos em estudo. Neste caso as alterações na mata ciliar dos rios foi o que obteve maior ocorrência com 21,30% dos pontos avaliados, seguindo de características físicas do sedimento com 18,83% e características físicas da água com 18,52%. Em todos os rios foi observado alterações na mata ciliar seja para construções imobiliárias ou para monocultivo ou para agropecuária, valendo salientar que a retirada da mata ciliar, pode ocasionar no assessoramento do rio, provocando alterações no sedimento e na água. Nos pontos onde ocorria essa prática foi observado que a cor da água era diferente, bem como o sedimento que era mais lamoso.

Figura 10. Distribuição Percentual das pontuações dos parâmetros avaliados em categorias de todos os rios avaliados.



Do ponto de vista biológico/ambiental, tais atividades ocasionam prejuízos significativos no funcionamento natural dos rios, os quais culminam em diminuição da biodiversidade local. Além disso, pode-se dizer que as grandes extensões de desmatamento da mata ciliar, as quais dão lugar a áreas de pastagens e de cultivo, particularmente, acabam por proporcionar condições favoráveis aos processos erosivos nas margens do rio e, conseqüentemente, o assoreamento do mesmo (França, 2013). No caso dos rios analisados nesta pesquisa, a agricultura e pecuária não eram tão intensos, mas no Rio Graú, por exemplo o plantio de bambu ia até às margens do rio, mas a urbanização ou áreas de lazer eram os principais agentes modificadores da paisagem.

Certamente esses são fatores que alteram a integridade ambiental do ecossistema fluvial avaliado, ocasionando perdas no que se refere ao equilíbrio dinâmico do mesmo e à biota local, por reduzir a disponibilidade de habitats. Algumas observações como presença de lixo doméstico no leito, lançamento de esgoto doméstico foram agrupados em alterações antrópicas no leito, estes tendo ocorrência no ponto 1 dos Rios Mucatu e Bucatu. Alterações nos canais dos rios foram observados em quase todos os pontos, sendo os mais observados a construção de pontes, canalizações ou até mesmo pequenas travessias.

Apenas a presença de plantas aquáticas foi a que teve menor frequência do total de pontos distribuídos no protocolo. Foi observado plantas aquáticas do gênero *Salvinia sp.* e *Ninpheia sp.* apenas no ponto 1 do Rio Mucatu, Gurugi e Bucatu.

A erosão marginal é motivo de grande preocupação, pois com a retirada da cobertura vegetal, que possui a função de proteger estas margens, as mesmas ficam muito suscetíveis aos processos erosivos. O resultado desse processo é a perda dessas áreas marginais, conseqüentemente assoreando o leito dos rios (Silva 2011).

Em trabalho realizado por Silva (2010) que avaliou trechos do Rio Cachoeira também foi verificado que dos 6 trechos avaliados, pelo mesmo protocolo, apenas um, localizado na Fazenda Santa Amélia,

foi considerado alterado, devido à retificação do rio e ocupação a partir de construções imobiliárias em suas margens.

Mudanças relacionadas com a retificação de rios, canalizações, impermeabilizações devido a obras de engenharia sanitária levam à redução da área de drenagem de inúmeras bacias hidrográficas, reduzindo drasticamente a densidade e diversidade de espécies aquáticas. As principais mudanças relativas ao acréscimo da urbanização referem-se ao aumento do lançamento de esgotos domésticos e efluentes industriais, imprevisíveis flutuações do nível de água em época de chuvas levando a sérios problemas de erosão, carreamentos e assoreamento de cursos de água. Como consequência, observa-se a elevação da temperatura da água, retirada da vegetação ripária dos rios, redução do canal e desestruturação de habitats para as espécies aquáticas, reduzindo as interações entre os rios e sua bacia de drenagem (Callisto e Moreno 2006).

Em todos os pontos analisados neste trabalho foi possível observar que na maioria dos locais que foram considerados impactados ou alterados, uma certa redução da mata ciliar, seja pela urbanização ou por alguma atividade agrícola. Situação semelhante ao trabalho realizado por Santos (2023) na Bacia do Araranguá em Santa Catarina, onde o mesmo relata que a redução das matas ciliares, cujas margens são ladeadas por áreas agrícolas e núcleos urbanos, atividades favoreceram para a a classificação dos pontos por este trabalhados fossem alterados e impactados.

Conclusões

- Pode-se concluir então que os rios Gurugi e Bucatu, são os ambientes que sofrem mais com a urbanização e expansão imobiliária, pois apresentaram condições alteradas em seus 3 pontos, de acordo com o Protocolo de Avaliação Rápida de Rios;
- Apenas no ponto 3 do Rio Graú e no ponto 2 do Rio Mucatu, além do único ponto do Riacho Caboclo, apresentaram condições naturais, e com bom estado de conservação;
- Trechos de rios mais próximos às comunidades apresentaram algum tipo de alteração antrópica, e que nos pontos 1 e 2 do Rio Graú foram os mais impactados, havendo no P1 a presença de urbanização (aldeia Vitória) e no P2 presença de monoculturas (bambu e banana);
- O Rio Gurugi por não fazer parte da Área de Preservação de Tambaba, apresentou problemas ao longo do seu trajeto, por estar perto do distrito de Gurugy no seu P1 e de Jacumã, no P3, aglomerados urbanos de maiores dimensões que as comunidades dos outros rios, demonstrando a importância de se conservarem os rios em Unidades de Conservação;
- Dessa forma, a urbanização é um dos maiores impactos, causadores de alteração nos diversos trechos dos rios analisados, tanto dentro como fora da APA;
- Ressalta-se, ainda, que a avaliação por meio do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios constituiu-se num importante indicador preliminar para identificar os principais impactos ambientais em um rio, mas está muito associado ao aspecto geral do entorno do mesmo, e de aspectos muito mais presentes em ambientes muito poluídos, como o tipo de sedimento e presença de óleo, sendo no entanto necessárias avaliações mais precisas com outros indicadores de qualidade de água como análises físicas e químicas, para se determinar a real qualidade de água dos rios.

Participação dos autores: RSAM –idealização e escolha dos pontos, elaboração e estruturação do artigo; EEAL - Um dos observadores, elaboração e confecção dos gráficos e estruturação do artigo; WQS - Uma das observadoras além disso ajudou na estruturação do artigo.; MCBC - A autora é orientadora do autor principal do artigo, bem como esta ajudou nas correções e sugestões do referido trabalho.; CTA -A referida autora ajudou nas traduções do resumo para o inglês e espanhol adequação do artigo nas normas da revista.

Aprovação ética ou licenças de pesquisa: O referido trabalho não teve a necessidade de aceite do comitê de ética, pois não teve envolvimento de pessoas, bem como de animais. Sendo apenas um trabalho de observação e classificação visual e ambiental dos rios em estudo, portanto não houve necessidade de licença para este trabalho.

Disponibilidade dos dados: Como este trabalho faz parte do primeiro capítulo do projeto de Tese do autor principal, ele estará após a defesa incluído no repositório da Biblioteca da Universidade Federal da Paraíba (https://repositorio.ufpb.br/?locale=pt_BR).

Fomento: O autor principal possuía um apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no valor de 2.200 reais durante metade do período do doutorado.

Conflito de interesses: Os autores declaram que não houve conflito de interesse para o referido trabalho.

Referências

Almeida, NV. 2006. Proposta de Zoneamento Ecológico Econômico para a Área de Proteção Ambiental (APA) Estadual de Tambaba-Paraíba. Dissertação. Universidade Federal da Paraíba/PRODEMA.186p. João Pessoa-PB. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/4534>. Acesso em: 16/11/2021.

Anzolin, T. 2013. Diagnóstico ambiental de fragmentos do rio Alegria (Medianeira-PR) através de um protocolo de avaliação rápida e de parâmetros físico-químicos. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/13586>. Acesso em: 20/04/2020.

Arcova, FCS.; Cicco, V. 1999. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. Scientia Forestalis, n. 56, p. 125-134.

Baio, JAF.2009. Avaliação da Contaminação nos principais corpos d'água do município de São Carlos/SP. 2009. 111 p. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Instituto de Química de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos-SP. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-21122009-105913/pt-br.php>. Acesso em: 20/04/2021.

Benini, RM; Mendiondo, E. M; Martioli, C e Tonissi, F. B. 2003. Cenários ambientais visando a mitigação de enchentes decorrentes da implantação do campus II - USP, São Carlos - SP. Anais: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba,

Bersot, MROB.2015.; Aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Rios (PAR) na bacia hidrográfica do rio Imbé - RJ. **Ambiência**. Guarapuava (PR) v.11 n.2 p.277 - 294. <https://doi.org/10.1590/1809-9823.2014.13083>.

Bezerra, A.D.M; 2016. Aplicação De Protocolos De Avaliação De Rios (Par's) Na Caracterização Da Qualidade Ambiental Na Bacia Hidrográfica Do Córrego Da Onça, Município De Três Lagoas, MS .Rev. Conexão Eletrônica – Três Lagoas, MS – Volume 13 – Número 1. p1-15

Callisto M, Ferreira W, Moreno P, Goulart Mdc, Petrucio M. 2002. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). Acta Limnologica Brasiliensis 14: 91-98. <https://doi.org/10.1080/03680770.2021.1921877>.

Ertel, JR; Hedges, JI.;Devol,AH.;Richey,JE.; Nazarg, M.; Ribeiro, G. 1986. Dissolved humic substances of the Amazon River system. Limnology and Oceanography, v. 31, n. 4, p. 739–754.

- Falcão, MT; Benezar, RMC; Freitas, B. 2010. Implicações ambientais decorrentes das atividades urbanas em uma microbacia no município de Boa Vista- Roraima. VI Seminário Latino- Americano de Geografia Física II Seminário Ibero- Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra.
- Fernandez, OVQ; Sander, C. 2006. Aplicação de um protocolo simplificado de avaliação de habitats aquáticos no igarapé Caxangá, Boa Vista, RR. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Goiânia, GO.
- França, LO. 2013. Diagnóstico ambiental do córrego do Açude, Orizona-GO por meio de um protocolo de avaliação rápida de rios. Revista Tropica: Ciências Agrárias e Biológicas, v.7, n.1. p32-44. <https://doi.org/10.0000/rtcab.v7i1.721>.
- Gaillardet, J.; Dupre, B.; Allegre, CJ.; Négrel, P. 1997. Chemical and physical denudation in the Amazon River Basin. Chemical Geology, v. 142, n. 3-4, p. 141- 173. [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(97\)00074-0](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(97)00074-0)
- Horta, IMF. 2006. Levantamento dos Solos e Ocupação da superfície do Município de Nazareno/MG. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Lavras. Lavras/MG.74p. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/13553>. Acesso em: 14/12/2022
- Marinho, RSA; 2018. Biorremediação para o melhoramento da qualidade da água em rios urbanos em João Pessoa -PB; Efeitos na ictiofauna. Dissertação. Universidade Federal da Paraíba, UFPB, João Pessoa, Brasil. 94p.
- Martins, SV; Dias, HCT. 2001. Importância das Florestas para a Qualidade e Quantidade da Água. Revista Ação Ambiental, v. IV, n. 20, p. 1-10.
- Minatti-Ferreira D, Beaumord A. 2006. Avaliação rápida de integridade ambiental das sub-bacias do rio Itajaí-Mirim no município de Brusque, SC. Revista Saúde e Ambiente V.5.p. 21-27.
- Rodrigues A; Malafaia G, Castro PTA. 2008. Avaliação ambiental de trechos de rios na região de Ouro Preto-MG através de um protocolo de avaliação rápida. Revista de Estudos Ambientais 10:p74- 83. <http://dx.doi.org/10.7867/1983-1501.2008v10n1p74-83>.
- Rosa, FF; Irgang, BE. 1998. Comunidades vegetais de um segmento da planície de inundação do Rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, Brasil. Iheringia, Botânica, v. 50, p. 75-87.
- Oliveira; FM.; Nunes, T.S. 2015. Aplicação de protocolo de avaliação rápida para caracterização da qualidade ambiental do manancial de captação (Rio Pequeno) do município de Linhares, ES. Natureza online, Santa Teresa, v.13, n.2, p.86- 91,
- Padovesi-Fonseca, C.; Corrêa, ACG.; Leite, GFM.; Joveli, JC.; Costa, LS.; Pereira, ST. 2010. Diagnóstico da sub-bacia do ribeirão Mestre d'Armas por meio de dois métodos de avaliação ambiental rápida, Distrito Federal, Brasil Central. Ambí-Agua, Taubaté, v. 5, n. 1, p. 43-56. doi:10.4136/1980-993X.
- Pinheiro, LA.; Borges, JT. 2013. Avaliação hidroquímica qualitativa das águas do baixo rio negro. Revista Eletrônica de Petróleo e Gás, v. 1, n. 2, p. 23-32.
- Santos, JG.; Scussel C., Varela, EP; Nicoladelli, TB; Luz, CDA.; Milanez, PR; Olivo, EF., e Zocche, J. 2023.. APLICAÇÃO DE PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO RÁPIDA DA INTEGRIDADE AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARARANGUÁ, SC. *Boletim Paulista De Geografia*, 109(1), p.147-171. <https://doi.org/10.54446/bpg.v109i1.2974>
- Silva, DA.; 2017. Caracterização do perfil socioeconômico e da percepção ambiental dos agricultores familiares dos assentamentos Dona Antônia e Gurugi II, no Conde – Paraíba. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade. Volume 12, número 6.p.85-99. Curitiba – PR.
- Silva, VR; 2012. Ocupação e degradação na margem do Rio Paraguai em Cáceres, Mato Grosso. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional. v. 8, n. 1, p. 125-152, , Taubaté, SP, Brasil.
- Silva, CLF; 2010. Identificação das Compatibilidades Físico-Ambientais e urbanísticas e Definição de diretrizes para o Uso e a Ocupação do Solo no Distrito de Jacumã, Município do Conde-PB. Dissertação. Universidade Federal da Paraíba/ Prodem. 295 p. João Pessoa-PB Disponível em : <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/4585>. Acesso em : 15/05/2017.

Sioli, H. 1984. *The Amazon*. Dordrecht: Springer Netherlands, v. 56.

Souza, VG; Bulhões, EMR; 2015. Avaliação Ambiental Através De Protocolo De Avaliação Rápida No Baixo Leito Do Rio Paraíba Do Sul, No Município De Campos Dos Goytacazes/RJ. Caderno de Estudos Geoambientais CADEGEO. v.06, n.01, p.32-50. Universidade Federal Fluminense. Campos dos Goytacazes-RJ.

Tundisi, JG. 2003. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos: Rima., 247 p.

Vargas JRA; Junior, PDF.2012. Aplicação de um Protocolo de Avaliação Rápida na Caracterização da Qualidade Ambiental de Duas Microbacias do Rio Guandu, Afonso Cláudio, ES. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 17: 161-168.

Vieira, DM.; Teixeira, PWGN.; Lopes, WGR.2007. Identificação dos usos e ocupações do solo nas áreas de preservação permanente do rio Poti e sua compatibilidade legal no perímetro urbano de Teresina Piauí-Brasil. In: *Anais do VII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica*.



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

Análise do desmatamento e suscetibilidade de inundações na bacia hidrográfica do Rio Pirarara no município de Cacoal na Amazônia Ocidental

Murilo Torres Silva^{1*} , Ana Lúcia Denardin da Rosa¹ , Giulle do Nascimento e Silva¹ , Mayk da Silva Sales¹ , Ronaldo de Almeida² 

1 Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Campus Ji-Paraná, R. Rio Amazonas, 351 - Jardim dos Migrantes, Ji-Paraná - RO, 76900-726.

2 Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR, Campus Guajará Mirim, Norte/Sul 7.300, Nova Morada - Rolim de Moura/RO, 76940-000.

*Autor para correspondência: murilotorresagronomiaunir@gmail.com

Recebido em 2 de junho de 2023.

Aceito em 14 de agosto de 2023.

Publicado em 31 de agosto de 2023.

Resumo – Inundações afetam centenas de famílias nos bairros atingidos pelas águas do Rio Pirarara na área urbana do município de Cacoal – RO. O objetivo da pesquisa foi a analisar a morfometria, desmatamento e identificação de áreas suscetíveis a inundação. A análise morfométrica foi realizada pelo processamento de dados vetoriais e matriciais com Software livre. Foram utilizadas imagens do Landsat 5 e Landsat 8 para produzir mapas de desmatamento. Os dados do Hidroweb foram coletados para o levantamento de precipitações e cotas. Utilizou-se o modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND) para elaborar mapas de suscetibilidade de inundação. Os resultados morfométricos indicam baixo risco de inundação. A região teve expansão urbana de 6,13% e áreas antropizadas de 24,04%, entre 1984 e 2020. A média anual de precipitação histórica é de 1901 mm. Na inundação de 2022, houve 113,4 mm de precipitação em um dia e um acumulado de 160 mm durante a semana, metade do acumulado em fevereiro, com cota máxima de 677 cm. O modelo HAND estima que 2% da área da bacia é altamente suscetível a inundação, 53% em áreas de média suscetibilidade e 45% em áreas de baixa suscetibilidade. A pesquisa contribui para o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS13).

Palavras-chave: Morfometria. Hidrologia. Urbanização. Antropização. Modelo HAND.

Analysis of deforestation and flood susceptibility in the Pirarara River watershed in the municipality of Cacoal in Western Amazonia

Abstract - Flooding affects hundreds of families in the neighborhoods affected by the waters of the Pirarara River in the urban area of the municipality of Cacoal - RO. The aim of the research was to analyze morphometry, deforestation and identify areas susceptible to flooding. The morphometric

analysis was carried out by processing vector and matrix data using free software. Landsat 5 and Landsat 8 images were used to produce deforestation maps. Data was collected from Hidroweb for rainfall and elevation surveys. The Height Above the Nearest Drainage (HAND) model was used to produce flood susceptibility maps. The morphometric results indicate a low risk of flooding. The region experienced urban expansion of 6.13% and anthropized areas of 24.04% between 1984 and 2020. The average annual historical rainfall is 1901 mm. In the 2022 flood, there was 113.4 mm of rainfall in one day and an accumulation of 160 mm over the week, half the accumulation in February, with a maximum height of 677 cm. The HAND model estimates that 2% of the basin area is highly susceptible to flooding, 53% in areas of medium susceptibility and 45% in areas of low susceptibility. The research contributes to the Sustainable Development Goal (SDG13).

Keywords: Morphometry. Hydrology. Urbanization. Anthropization. HAND Model.

Análisis de la deforestación y de la susceptibilidad a las inundaciones en la cuenca del río Pirarara, en el municipio de Cacoal, en la Amazonia Occidental

Resumen - Las inundaciones afectan a cientos de familias de los barrios afectados por las aguas del río Pirarara en la zona urbana del municipio de Cacoal - RO. El objetivo de la investigación fue analizar la morfometría, la deforestación e identificar las áreas susceptibles a las inundaciones. El análisis morfométrico se realizó mediante el procesamiento de datos vectoriales y matriciales utilizando software libre. Se utilizaron imágenes Landsat 5 y Landsat 8 para elaborar mapas de deforestación. Se recogieron datos de Hidroweb para los estudios pluviométricos y de elevación. Se utilizó el modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND) para elaborar mapas de susceptibilidad a las inundaciones. Los resultados morfométricos indican un bajo riesgo de inundaciones. La región experimentó una expansión urbana del 6,13% y de las zonas antropizadas del 24,04% entre 1984 y 2020. La precipitación media anual histórica es de 1901 mm. En la inundación de 2022, hubo 113,4 mm de precipitaciones en un día y un acumulado de 160 mm a lo largo de la semana, la mitad de lo acumulado en febrero, con una altura máxima de 677 cm. El modelo HAND estima que el 2% de la superficie de la cuenca es altamente susceptible a las inundaciones, el 53% en zonas de susceptibilidad media y el 45% en zonas de susceptibilidad baja. La investigación contribuye al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS13).

Palabras clave: Morfometría. Hidrología. Urbanización. Antropización. Modelo HAND.

Introdução

Um dos rios que cortam a área urbana do município de Cacoal – RO é o Pirarara, que tem sua cabeceira na área rural de Cacoal e sua foz na margem direita do Rio Machado. Nos últimos anos, a ocorrência de inundações tem se tornado cada vez mais frequentes e intensas nos bairros atingidos pelas águas do Rio Pirarara na área urbana, sendo que as três principais ocorreram nos anos de 2012, 2014 e 2022 (PROFÁGUA 2019, Cacoal 2022).

Estas inundações trazem inúmeros transtornos e riscos à população, como desalojamentos, afogamentos, doenças, infestações de ratos, insetos e danos materiais. Segundo Chen et al. (2020), as inundações são consideradas como um dos desastres naturais mais destrutivos de maneira global.

No ano de 2012, no município de Cacoal - RO, a inundação fez com que 480 pessoas fossem desalojadas, 128 pessoas desabrigadas e 3200 pessoas afetadas. Quanto às edificações afetadas, nove foram destruídas, 200 danificadas, sistema de energia, transporte, pontes, ruas e calçamento foram danificados, de acordo com relatório da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM (Barboza et al. 2012).

Com as inundações do ano de 2014, de acordo com a Superintendência Estadual de Comunicação (SECOM 2014), sete pontes ficaram cobertas pela água, centenas de casas foram atingidas e mais de 80 pessoas ficaram desalojadas. Em algumas casas, a altura da água alcançou o telhado das residências na área urbana de Cacoal - RO.

A última e mais severa enchente ocorreu em fevereiro de 2022. De acordo com a defesa civil de Cacoal, 200 famílias ficaram desabrigadas e 100 famílias desalojadas, vários danos materiais foram constatados como residências danificadas, perdas de móveis e eletrodomésticos. A principal rodovia do estado de Rondônia, a BR 364, e demais ruas que ligam a região central a zona leste da cidade ficaram interditadas por horas devido à cheia do Rio Pirarara (Cacoal 2022).

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH (2003), através da Resolução CNRH nº 32 de 15/10/2003, estabelece as bacias hidrográficas como unidade do gerenciamento de recursos hídricos para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A ação do homem sobre a superfície do solo da bacia reflete nos recursos hídricos, causando interferências no processo denominado chuva-vazão (Ricardo e Neto 2016).

Desenvolvida pela Organização das Nações Unidas (ONU), a Agenda 2030, que apresenta dentre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), o ODS13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima, recomenda que os governos locais devem adotar e implementar estratégias locais para redução de risco de desastres naturais (Brasil 2021). A Lei Federal Nº 12.608 estabelece que todos os municípios brasileiros devem realizar o mapeamento das áreas de risco e adequar o Plano Diretor de desenvolvimento urbano de acordo com a realidade do local (Brasil 2012).

É fundamental a elaboração de ações de redução dos riscos de desastres, dentre as quais pode-se citar a estimativa de áreas suscetíveis a risco de desastres por inundação (Queiroga et al. 2023). A identificação e mapeamento das áreas de risco é possível por meio da elaboração das cartas geotécnicas, que retratam principalmente as características do meio físico, indicando processos relacionados a determinados padrões geológicos. O modelo HAND (*Height Above the Nearest Drainage*) tem a capacidade de indicar zonas escalonadas de suscetibilidade de inundação (Nobre et al. 2015).

O modelo HAND tem sido amplamente empregado por não depender de dados hidrológicos e históricos de inundações, o que o torna uma ferramenta acessível e de baixo custo a qualquer região que possua dados topográficos disponíveis (Rennó et al. 2008, Nobre et al. 2015, Mengue et al. 2016). Sendo assim, a aplicação do modelo HAND na Bacia Hidrográfica do Rio Pirarara auxiliará órgãos governamentais e sociedade civil a traçar estratégias para alcançar a meta da ODS13.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi a analisar a morfometria, o desmatamento e caracterização da bacia hidrográfica do Rio Pirarara, com identificação de áreas suscetíveis a inundação

na zona urbana do município de Cacoal – RO, utilizando o modelo HAND (*Height Above the Nearest Drainage*).

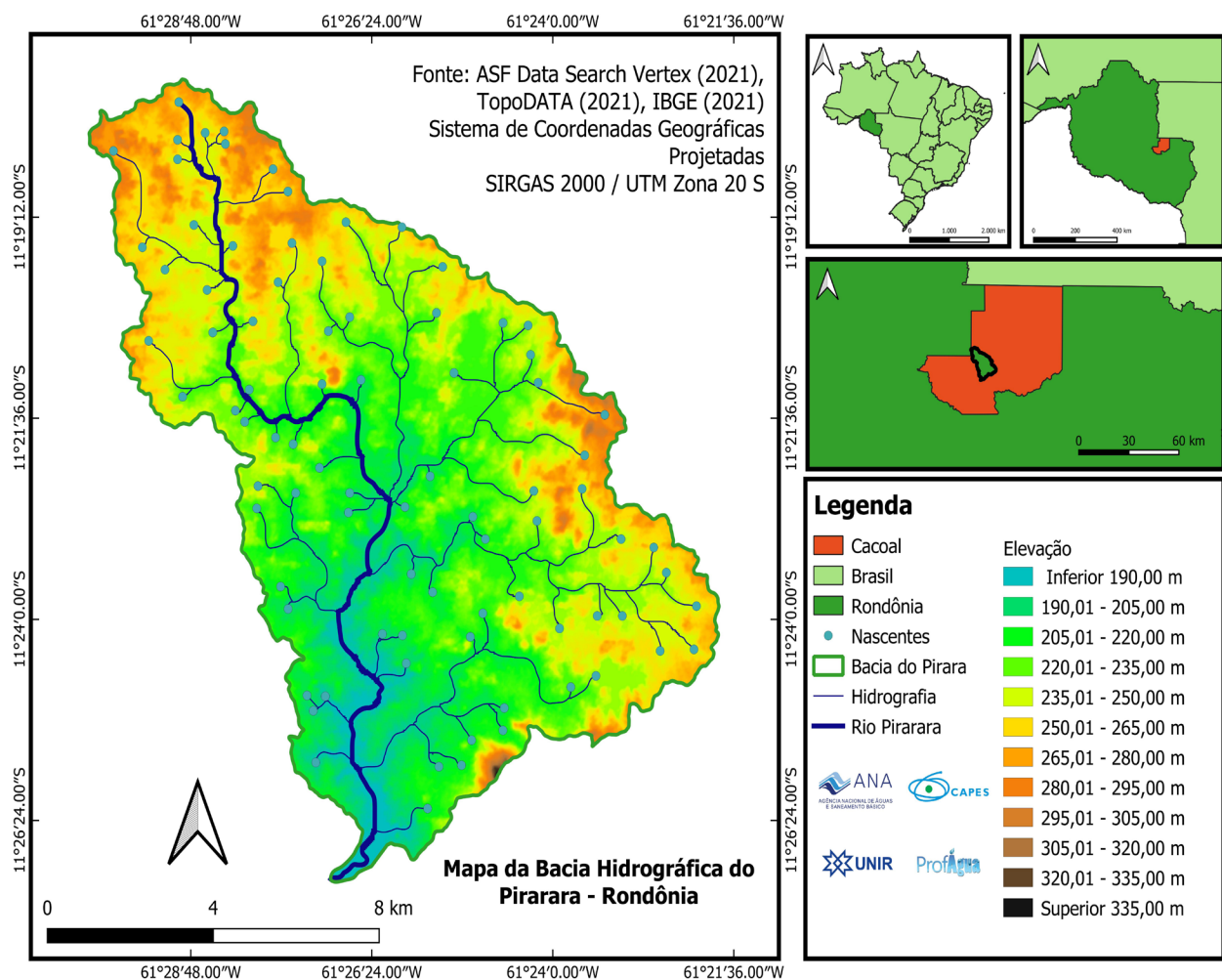
Os resultados contribuem para elaboração de plano diretor de desenvolvimento urbano e implementação de medidas para a redução dos impactos causados pelas inundações contribuindo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima).

Material e métodos

Área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Pirarara (Figura 1) localiza-se inteiramente dentro dos limites do município de Cacoal - RO, com área total de 130,87 km² e perímetro de 64,42 km. A bacia apresenta altitude máxima de 371 m e mínima de 188,91 m. O Rio Pirarara tem sua principal nascente na área rural e sua foz na margem direita do Rio Machado.

Figura 1. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Pirarara, município de Cacoal - RO, Amazônia Ocidental.



O Rio Pirarara faz parte da unidade de gestão da Bacia Hidrográfica do Alto e Médio Machado de acordo com a Resolução CRH/RO N° 07 de 11 de junho de 2014, que institui o Comitê da Bacia Hidrográfica do Alto e Médio Machado, contemplando o município de Cacoal (Barbosa et al. 2021).

Procedimentos metodológicos

Para análises de dados morfométricos, foi empregado o método de delimitação de bacias hidrográficas utilizando imagens do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), adaptada para o projeto Topodata que oferece o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações locais básicas em cobertura nacional (Sobrinho et al. 2010). Os dados vetoriais e matriciais foram processados no Sistema de Informações Geográficas – SIG com base nas camadas vetoriais (shapes). A mensuração dos parâmetros morfométricos foram calculados pela calculadora da tabela de atributos do QGIS e utilizando as equações propostas e consolidadas, comprimento dos canais (Lu) (Km) ($Lu = L1 + L2 + \dots + Ln$) (Horton 1945); Ordem dos canais (U) (Ordem hierárquica) (Strahler 1958); Razão de bifurcação média (Rbm) ($Rbm = \sum Rb/n$) (Schumm 1956); índice de sinuosidade (Schumm 1963); densidade de drenagem (Villela e Mattos 1975).

Para a quantificação da conversão dos tipos de cobertura da terra na bacia hidrográfica utilizou-se imagens do sensor TM proveniente do satélite Landsat 5 com a composição RGB das bandas 5, 4 e 3, que tem resolução espacial de 30,00 m e data de imageamento de 29/06/1984. Para as imagens mais recentes, foram utilizadas imagens do sensor *Operational Terra Imager* (OLI) proveniente do satélite Landsat 8 com a composição RGB das bandas 6, 5 e 4, que tem resolução espacial de 30,00 m e data de imageamento de 16/08/2020. As imagens 11S615N e 11S63ZN foram obtidas do TopoDATA.

O Processamento Digital de Imagens (PDI) foi iniciado pela composição colorida das imagens, de acordo o satélite imageador. Posteriormente, foi realizado o recorte das imagens com o arquivo vetorial da área da bacia hidrográfica. Em seguida, foi obtido o plugin Dzetsaka, que realiza processo de classificação através das amostras indicadas, ou seja, supervisionado por “pixel”. As amostras correspondem aos polígonos que indicam a classe de cobertura da terra que está presente na área de estudo. Para a obtenção das amostras, criou-se um arquivo vetorial identificando as classes citadas no Quadro 1. Após a obtenção das amostras, foi aplicado o método de classificação Gaussian Mixture Model.

Quadro 1. Descrição das amostras coletadas para aplicação do método de classificação.

Classe	Descrição	Nº amostras	Área das amostras
Antropizado	Corresponde à área florestal convertida em outros usos localizados na área rural do município como agricultura, pecuária, agrosilvo-pastoril.	29	19,55 km ²
Água	Áreas que apresentam reservatórios artificiais de água, rios represados ou ainda corpos hídricos de escoamento superficial lótico.	4	0,61 km ²
Floresta	Áreas de cobertura vegetal ombrófila densa ou aberta que representam os remanescentes florestais na área de estudo.	8	15,08 km ²
Urbano	Áreas que apresentam a construção de residências assim como pavimentações com ou sem cobertura asfáltica.	3	3,91 km ²

As séries históricas de precipitação foram confeccionadas utilizando o método de ponderação regional para preencher as falhas ou ausência de dados em determinados períodos. O método de ponderação regional, segundo Bertoni e Tucci (2003), é um método simplificado, normalmente utilizado para o preenchimento de séries mensais ou anuais de precipitações, visando à homogeneização do período de informações e à análise estatística das precipitações. Para um grupo de postos, devem ser selecionados pelo menos três que possuam, no mínimo, dez anos de dados. Os postos vizinhos devem estar numa região climatológica semelhante ao posto a ser preenchido (Tucci e Silveira 2004).

Para o levantamento das séries históricas de precipitação foram utilizados dados disponíveis no HidroWeb, da estação pluviométrica 01161000 Vista Alegre Cacoal, por ser esta a estação que apresentou a série histórica mais longa considerando a precipitação anual acumulada. Para o preenchimento de falhas de dados pelo método de ponderação regional foram utilizadas as seguintes estações pluviométricas: 1161005 Cacoal Escola Agrícola Alta Raupp, 01161004 Sitio Bela Vista, 01161003 Ministro Andreazza, Agência Nacional de Águas - ANA em 2022, localizadas na mesma região da área de estudo.

A estação meteorológica pluviométrica 1161008 instalada na Bacia Hidrográfica e a estação e pluviométrica 15558200 instalada no Rio Pirarara registram dados telemétricos a partir de junho de 2015, conforme registrado na Agência Nacional de Águas 2022. Sendo assim, foi possível realizar a análise de dados da inundação que ocorreu em 18 de fevereiro de 2022. Os dados foram processados no software Hidro versão 1.4, disponibilizado gratuitamente pela ANA.

Para a modelagem e aplicação do modelo HAND, a metodologia utilizada foi baseada na “Nota Técnica para a Elaboração de modelagens de inundação” (Conceição e Simões 2021). Esta modelagem de inundação refere-se a área de suscetibilidade a um evento de inundação conforme resultado da modelagem.

Para esta modelagem, são utilizados três dados de entrada que são a altitude, o relevo e o *Height Above the Nearest Drainage* – HAND (Conceição e Simões 2021, Rennó et al. 2008). Para obtenção de informação de altitude e modelagem HAND, utiliza-se o Modelo Digital de Elevação (MDE), que para este trabalho, foi adotado o produto do imageamento realizado pelo sensor “*Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar*” - PALSAR, a bordo do satélite “*Advanced Land Observing Satellite*” – ALOS. Esta imagem foi descarregada diretamente do sítio da “*Alaska Satellite Facility*” – (ASF), em 2021.

Referente às informações do relevo, adquiriu-se os arquivos vetoriais utilizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM para a elaboração da “Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Cacoal, RO” disponibilizado no sítio do Repositório Institucional de Geociência – RIGEO (CPRM 2019).

As classes de cada dado são convertidas em pesos que variam de 1 a 3 e, posteriormente, soma-se as variáveis gerando a modelagem que é interpretada analisando os pesos que constituem uma escala com valores entre 3 e 9, em que 3, 4, 5 há baixa suscetibilidade, 6 e 7 de média e 8 e 9 de alta suscetibilidade (Conceição e Simões 2021).

Para obtenção do produto da modelagem HAND, foi necessária a utilização do SIG QGIS versão 3.16 e do conjunto com o TerraView 4.2.2 (QGIS 2022, INPE 2019), com o plugin TerraHidro, disponibilizado no sítio da Wiki do Departamento de Processamento de Imagens (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (Namikawa 2021).

A validação do modelo HAND aplicado ao estudo da suscetibilidade de inundações na bacia hidrográfica se deu pelos pontos levantados em relatório técnico (CPRM) das áreas de inundações realizado por Barboza et al. (2012) durante a inundação de janeiro de 2012. Ao todo, foram levantados

38 pontos de inundação dentro da bacia hidrográfica com dados de latitude, longitude, altitude, hora, endereços e observações.

Sendo assim, foi possível verificar quantos pontos apresentam coerência com a mancha de inundação gerada pelo modelo HAND. Esta metodologia de validação também foi utilizada pelos seguintes autores: Mengue et al. 2016, Monge 2018, Zanandrea et al. 2018, Monte et al. 2019, que compararam eventos e dados históricos de inundação com a mancha de inundação gerada pelo modelo HAND.

Resultados e discussão

Análise morfométrica

Os parâmetros morfométricos analisados correspondem às características específicas de sua rede de drenagem, da geometria da bacia, da textura de drenagem e do relevo conforme (Tabela 1).

Com Coeficiente de Compacidade de 1,58, pode-se inferir que a bacia não possui forma circular, possuindo, portanto, uma tendência a forma retangular e, em condições normais de precipitação, excluindo-se eventos de intensidade extrema, a bacia hidrográfica estudada apresenta baixa susceptibilidade à ocorrência de inundações (Alves et al. 2014).

Tabela 1. Resultado dos dados morfométricos da Bacia do Pirarara, Cacoal – RO.

Parâmetro	Valor	Unidade
Altitude máxima da bacia	371,00	m
Altitude média da bacia	241,40	m
Altitude mínima da bacia	188,91	m
Amplitude altimétrica	182,09	m
Área total	130,87	km ²
Coeficiente de manutenção	931,99	km ² /km
Comprimento axial	17,96	km
Comprimento médio	7,64	km
Densidade de drenagem	1,07	km/km ²
Extensão do corpo hídrico principal	25,14	km
Extensão do percurso superficial	0,47	km ² /km
Extensão rede de drenagem	140,42	km
Fator forma	0,41	Adimensional
Gradiente do canal principal	1,08	%(km/km)
Índice de Circularidade	0,40	Adimensional
Índice de compacidade	1,58	Adimensional
Índice de sinuosidade	1,44	Adimensional
Ordem da bacia	6 ^a ordem	Strahler
Perímetro	64,42	km
Relação relevo	0,72	%(km/km)

Para o fator forma, obteve-se índice de 0,41 para a bacia do Rio Pirarara. Conforme Silva e Mello (2013), quando menor que 0,5 este fator indica que a bacia está mais distante de uma forma circular e menos sujeita a inundações.

Quanto à densidade de drenagem na análise morfométrica, a bacia do Pirarara apresenta valor igual a 1,07 km/km², caracterizando-a como uma bacia moderadamente drenada. Conforme proposto por Christofolletti (1974), a densidade de drenagem pode ser classificada como muito baixa para valores menores que 0,50 km/km², média entre 0,50 e 2,00 km/km², alta entre 2,01 e 3,50 km/km² e muito alta para valores acima de 3,50 km/km². Isso indica que a bacia tem média propensão à inundação.

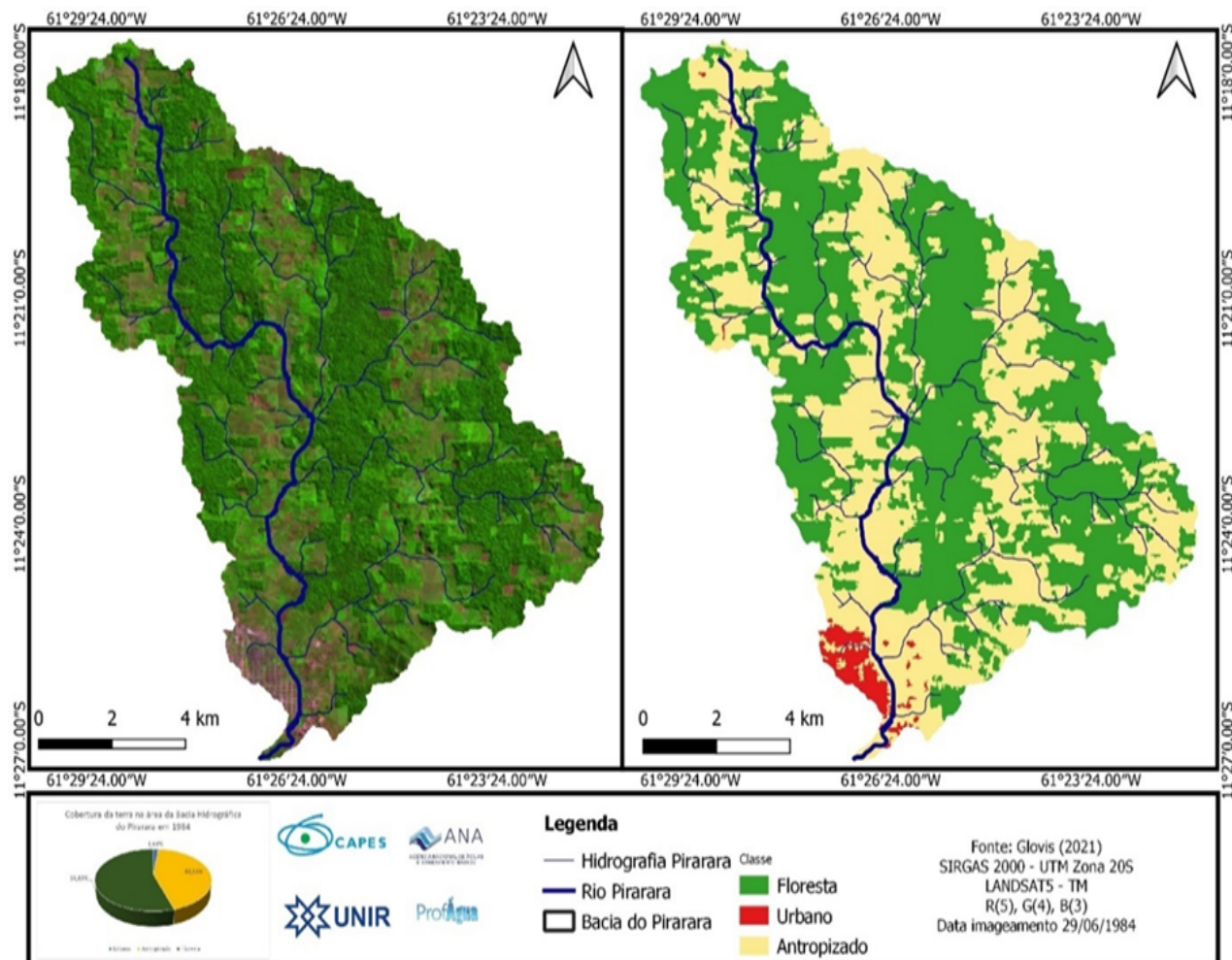
O índice de sinuosidade do Rio Pirarara é de 1,44, sugerindo transição entre formas regulares e irregulares, com canais retilíneos e sinuosos. O índice de sinuosidade varia de 1 a 2, indicando que valores próximos a 1 sugerem canais retilíneos, ao passo que valores superiores a 2,0, indicam maior sinuosidade dos canais. Valores intermediários sugerem formas transicionais, regulares e irregulares (Souza et al. 2012). Quanto menor a sinuosidade, menor é a dificuldade em que o curso hídrico encontrará para chegar até o exultório, já quando a bacia possuir sinuosidade elevada, maior será a dificuldade (Batista et al. 2018).

Portanto, a análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Pirarara pode indicar baixa propensão natural a inundações, e que outros fatores podem contribuir para que as inundações na área urbana do município de Cacoal - RO ocorram.

Análise do desmatamento

A bacia hidrográfica do Rio Pirarara apresentava em 1984 (Figura 2) cobertura florestal de 71,76 km², o equivalente a 54,83% dos 130,87 km² de sua área, área antropizada de 56,97 km², o equivalente a 43,53 % do total da bacia e área urbana de 2,15 km² ou seja 1,64%.

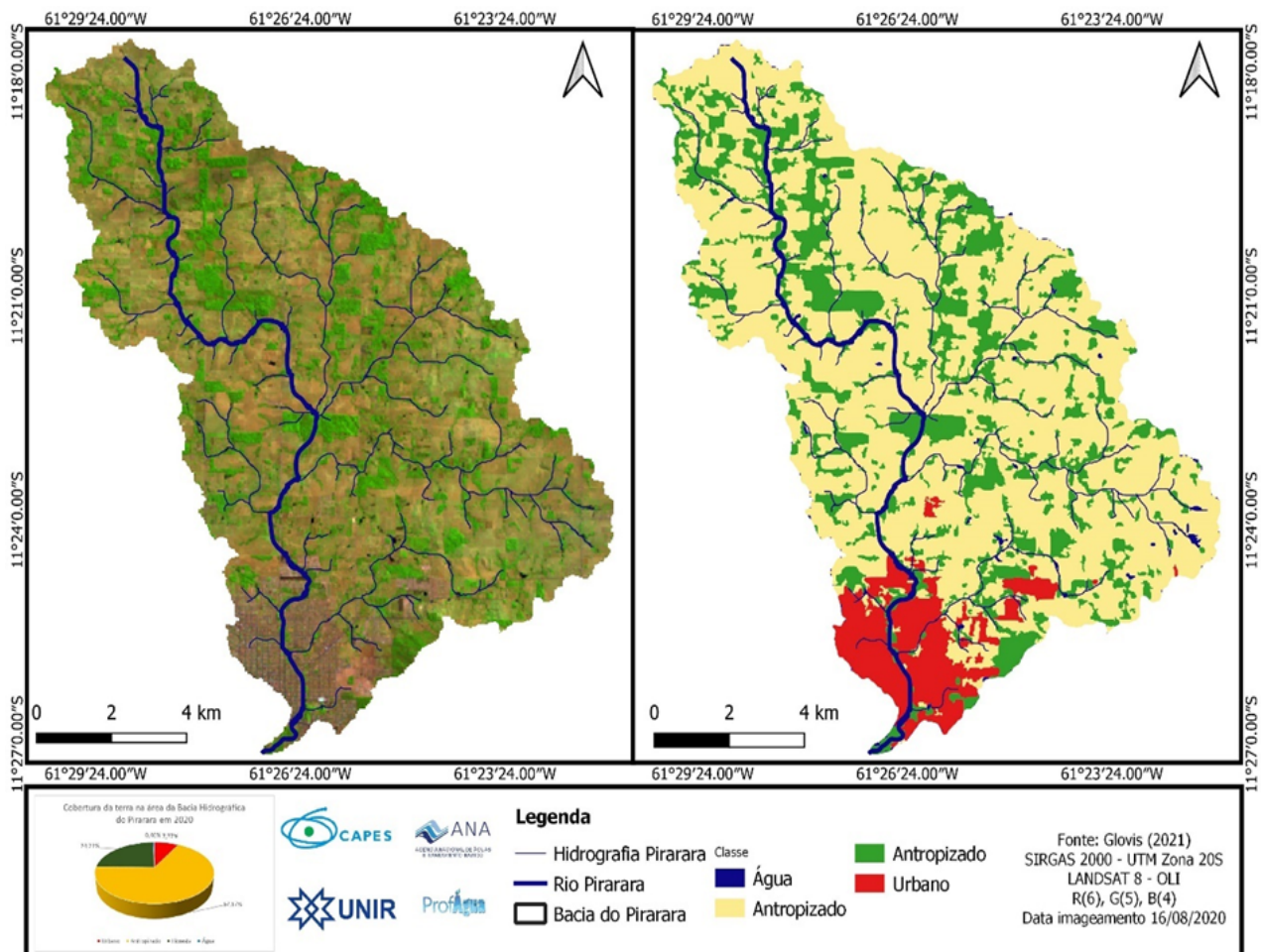
Figura 2. Mapa de cobertura do solo da bacia hidrográfica do Rio Pirarara, município de Cacoal – RO, Amazônia Ocidental em 1984.



Foi possível observar que as áreas antropizadas estão dispostas em forma de faixas dentro da bacia hidrográfica, isso se explica em função do formato de colonização agrária e distribuição de terras onde a cada 4 km de norte a sul há uma linha vicinal de acesso às propriedades rurais e os produtores rurais iniciam o desmatamento para construção de moradias e produção agropecuária na frente dos lotes rurais.

Devido à resolução espacial de 30 metros da imagem, não foi possível quantificar a lâminas de água na área da bacia no ano de 1984. Já para o ano de 2020 (Figura 3), a quantificação da área de lâmina de água foi possível devido ao avanço do desmatamento e remoção de áreas de preservação permanente bem como a construção de tanques de água destinados à irrigação e piscicultura.

Figura 3. Mapa de cobertura do solo da bacia hidrográfica do Pirarara, município de Cacoal – RO, Amazônia Ocidental em 2020.



Para o ano de 2020, na Bacia Hidrográfica do Rio Pirarara foi observada uma cobertura Florestal de 31,69 km² ou 24,21% do total, área Antropizada de 88,2 km² representando 67,57 %, área, Urbana de 10,17 km² ou 7,77% e 0,60 km² de água, o que representa 0,46% da área total da bacia.

Conforme constatado, o maior aumento de uso e ocupação do solo se deu para área Antropizada, sendo que no ano de 1984 correspondia a 43,53%, já para o ano de 2020 esse percentual alcançou 67,57% da área total da bacia do Rio Pirarara. Segundo Casagrande (2009), o uso antrópico foi o que mais cresceu durante o período de colonização da região em função da supressão das áreas de vegetação natural. Isso se explica, de acordo com Fearnside (2005), pela forma como estado de Rondônia foi explorado desde o início de sua colonização, através de uma cultura de substituição da vegetação natural para implantação da pecuária e lavoura, trazendo consigo problemas relacionados à erosão e compactação do solo, assoreamento dos corpos d'água entre outros.

A atividade agropecuária altera a paisagem e a expansão da agricultura é um dos principais fatores responsáveis pela modificação do ciclo hidrológico, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos (Gordon et al. 2011). Uma das principais preocupações envolvendo o impacto da alteração da vegetação está relacionada ao possível aumento da magnitude das cheias vinculadas ao desmatamento. A maioria dos experimentos realizados indica que o desmatamento resulta em um aumento das vazões máximas (Collischonn e Dornelles 2013). As cheias são fenômenos naturais que podem ter seus efeitos

agravados devido às ações antrópicas, como crescimento das áreas urbanizadas, o desmatamento de matas ciliares, e a impermeabilização do solo. Tais fatores aceleram o processo de enchentes em localidades ribeirinhas (Canholi 2014).

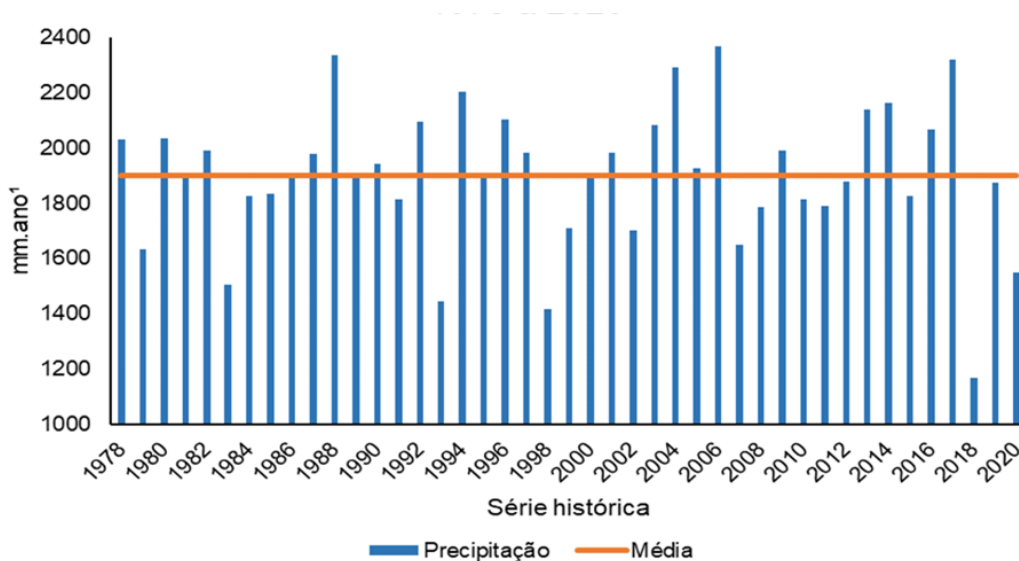
Sendo assim, a redução da área de floresta na Bacia Hidrográfica do Rio Pirarara pode justificar as inundações mais severas para os que moram próximo ao Rio Pirarara na zona urbana de Cacoal – RO nos últimos anos. A análise do desmatamento mostrou um crescimento urbano às margens e áreas de proteção permanente do Rio Pirarara. O forte desmatamento sofrido na bacia e o crescimento destas áreas urbanas contribuíram para que mais pessoas fossem afetadas.

Série histórica de precipitações

Eventos de precipitação extrema causam um grande impacto sobre as atividades socioeconômicas da Amazônia, tornando a população vulnerável ao comportamento e à variabilidade do sistema climático (Santos et al. 2016).

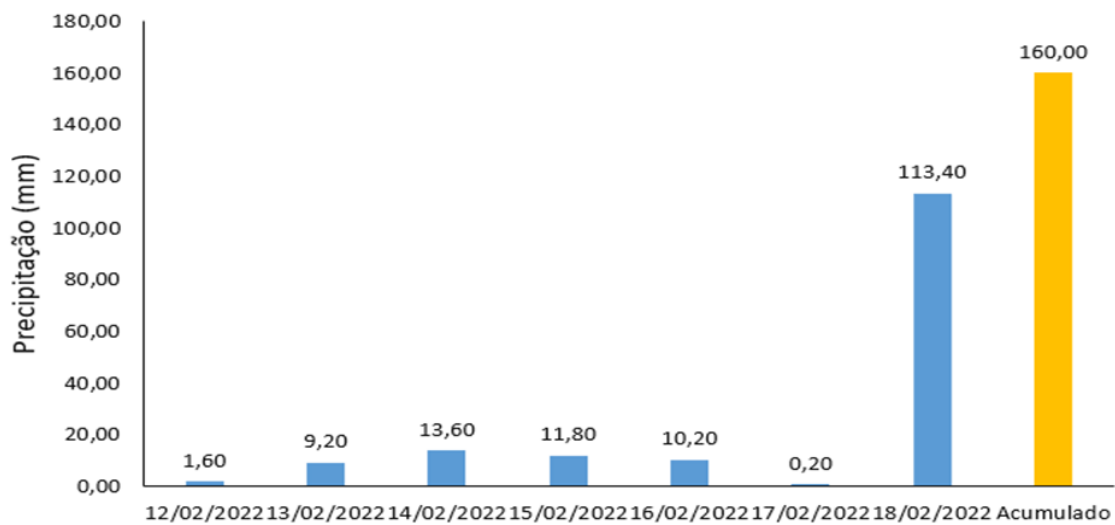
Foi confeccionado o gráfico da série histórica de precipitação na região da área de estudo (Figura 4). A média histórica de precipitação anual identificada foi de 1901 mm ano.

Figura 4. Série histórica de precipitação em Cacoal – RO de 1978 a 2020.



Conforme a Figura 5, o valor acumulado de precipitação na semana em que ocorreu a inundação de fevereiro de 2022 foi de 160 mm. Nas horas que antecederam a inundação de 18 de fevereiro de 2022, a precipitação foi de 113,4 mm, valor que representa quase metade da precipitação acumulada no mês de fevereiro, que foi de 293 mm.

Figura 5. Precipitação (mm) na semana da inundação de fevereiro de 2022 no município de Cacoal – RO, Amazônia Ocidental.



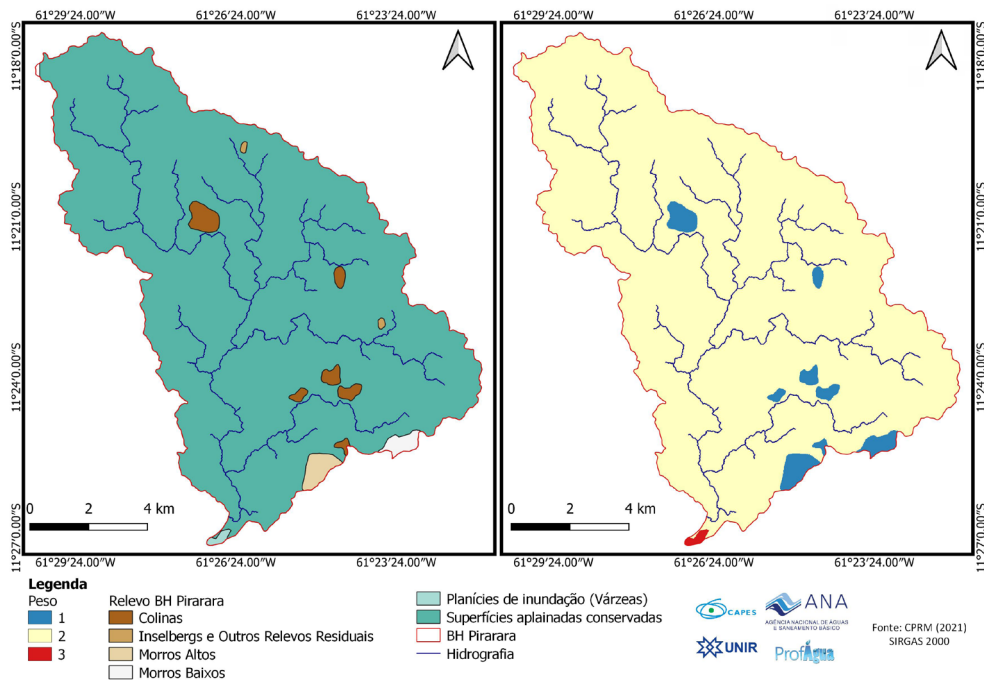
Em um estudo realizado por Santos et al. (2018), o valor máximo de precipitação observado na região, no período de 2008 a 2016, foi de 127,6 milímetros, ocorrido em março de 2014. Mês e ano em que ocorreu a segunda maior inundação na bacia hidrográfica.

O início da precipitação do dia 18 de fevereiro de 2022 ocorreu às 5h45min com a cota registrada de 145 cm. Tal precipitação ocorreu de forma ininterrupta até às 16h30min, somando 113,4 mm, quando a cota registrada foi de 587 cm. A cota do Rio Pirarara continuou subindo até às 18h15min ao atingir o valor máximo de 677 cm. Segundo Casagrande (2013), a cota máxima para que não ocorra enchentes na zona urbana do Rio Pirarara é de 290 cm. Portanto, a cota máxima registrada em fevereiro de 2022 foi 387 cm, maior que o considerado seguro para que não ocorra inundações.

Suscetibilidade de inundações

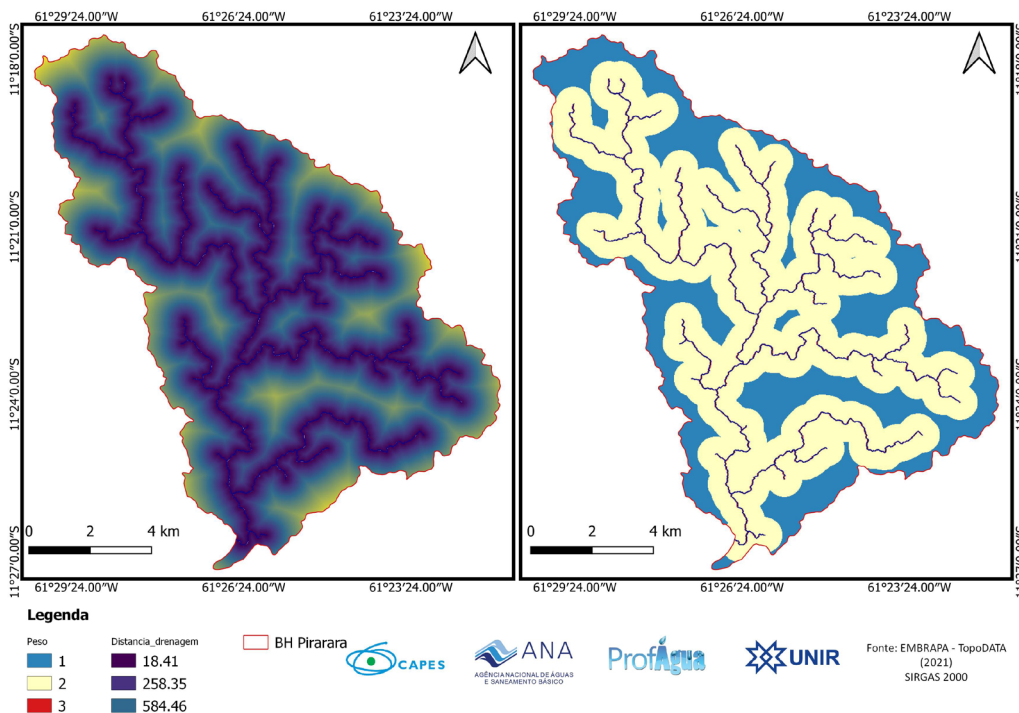
Para gerar o mapa de suscetibilidade de inundações na bacia hidrográfica do Rio Pirarara, o primeiro passo foi identificar os padrões de relevo conforme Figura 6.

Figura 6. Resultado da classificação do relevo segundo os pesos para área da Bacia Hidrográfica do Rio Pirarara.



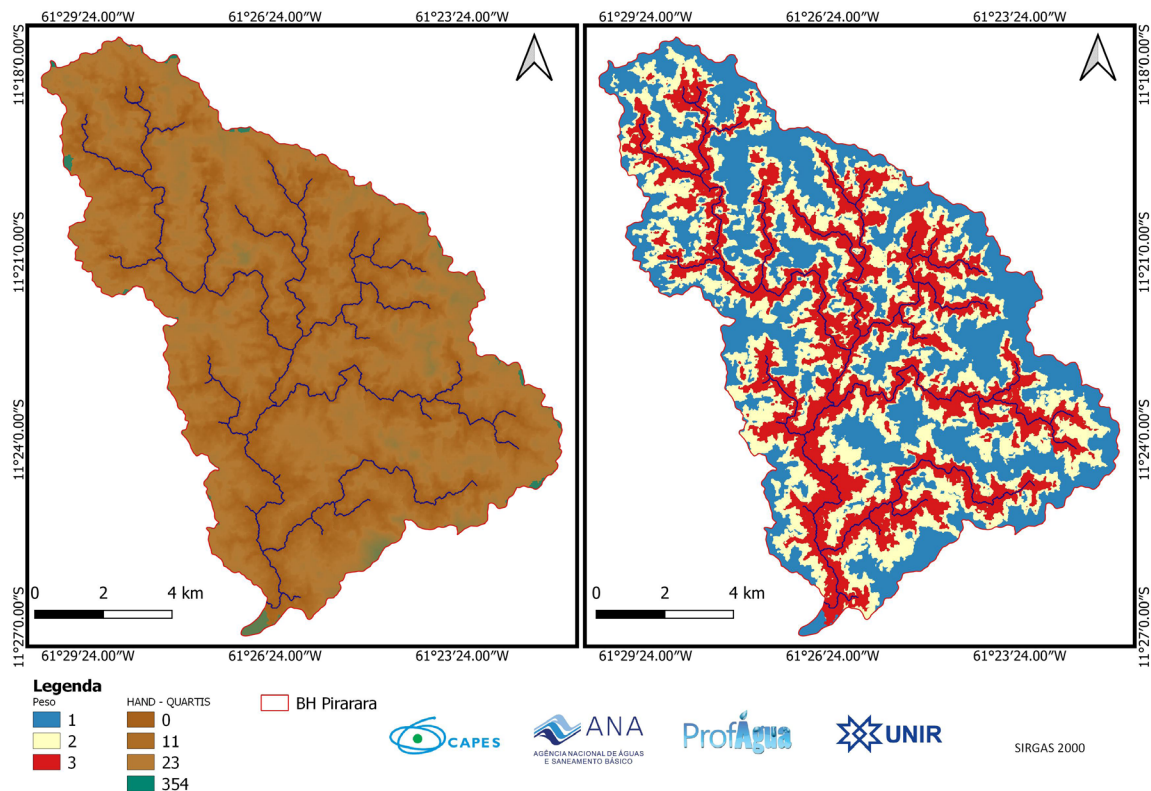
O segundo passo para gerar o mapa de suscetibilidade de inundações na bacia hidrográfica do Rio Pirarara foi levantar os valores que definiram o intervalo das classes para a atribuição dos pesos dos dados de altitude (Figura 7).

Figura 7. Produto do processamento dos dados de modelagem referente a altitude da Bacia Hidrográfica do Rio Pirarara.



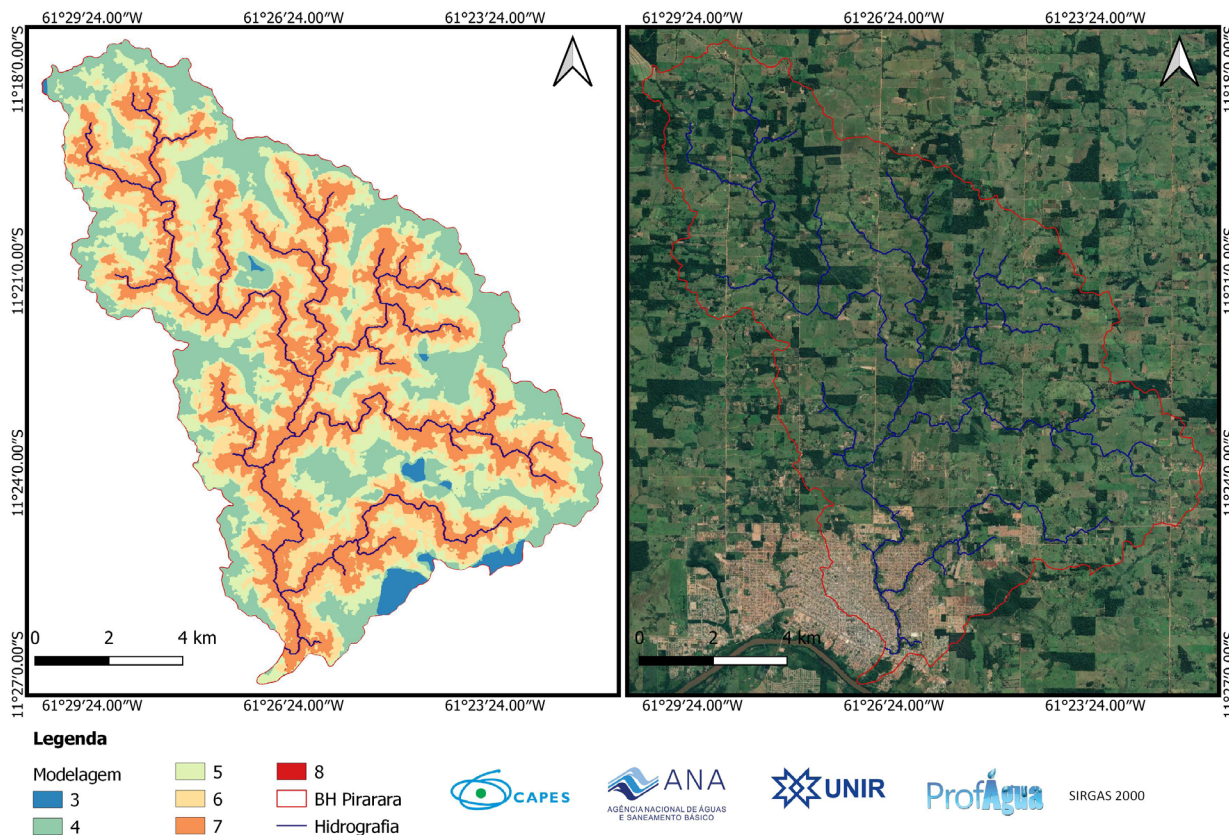
Quanto à suscetibilidade de inundações, a Figura 8 apresenta o resultado da modelagem HAND.

Figura 8. Mapa de pesos referente a modelagem HAND para a Bacia Hidrográfica do Rio Pirarara.



Como resultado do levantamento da suscetibilidade de inundação temos a soma das variáveis de relevo, altimetria e modelagem HAND para a confecção de um produto que é o mapa de suscetibilidade de inundações contendo valores que variam de 3 a 8 (Figura 9). Foi obtida a classe 8 como de maior suscetibilidade, sendo que a classe 9 não está presente no mapa em função das variáveis relevo e altimetria não apresentarem o peso três na modelagem. Quanto maior o valor da classe, maior a suscetibilidade de inundações. Quanto menor a variação altimétrica entre uma célula e o canal e quanto mais próximo de um canal, maior a suscetibilidade à inundação. A menor amplitude altimétrica em relação ao rio principal é classificada como alta suscetibilidade (Goerle et al. 2017).

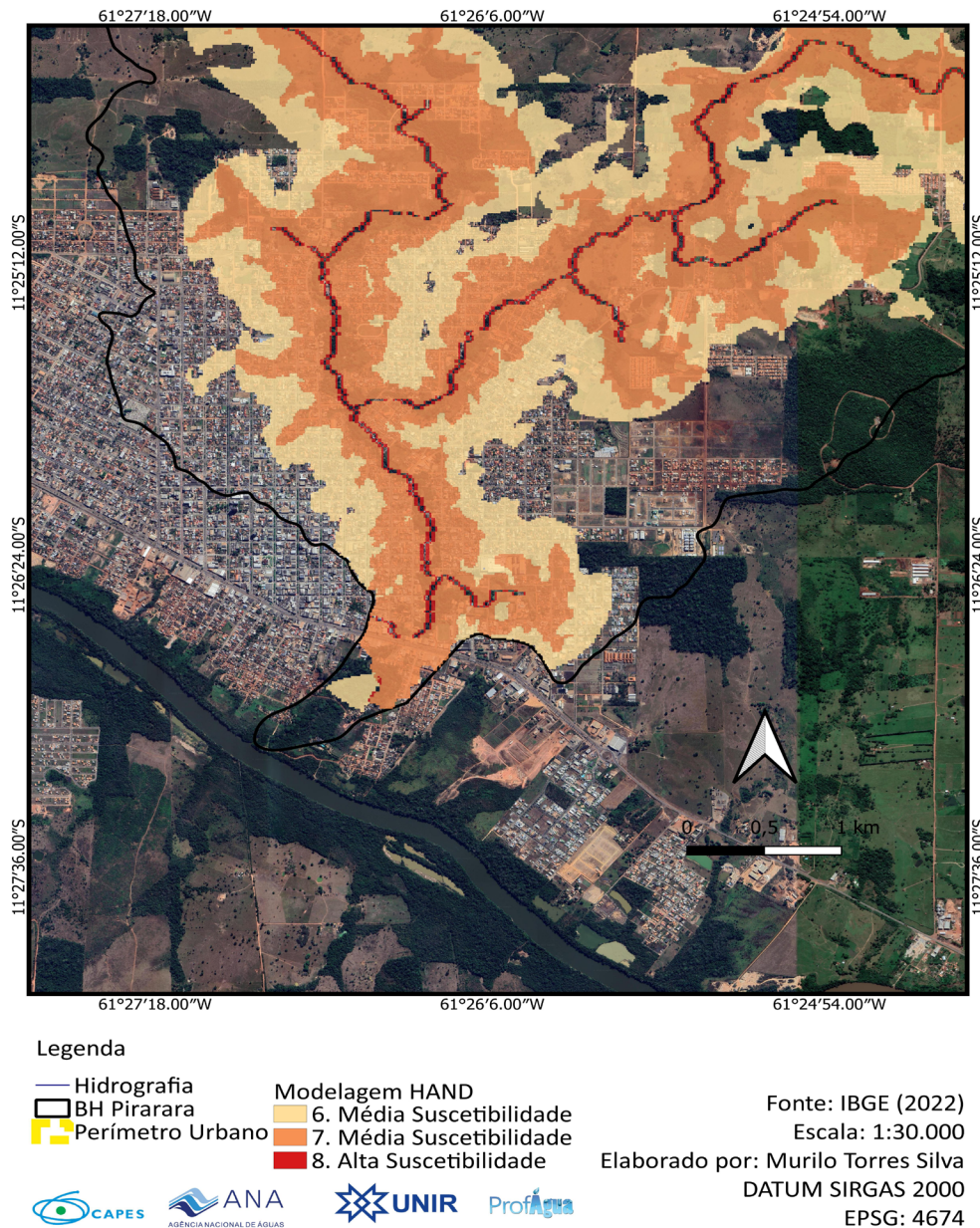
Figura 9. Mapa de suscetibilidade de inundação da Bacia Hidrográfica do Rio Pirarara, município de Cacoal – RO, Amazônia Ocidental.



Para alta suscetibilidade de inundações, temos 2,16 km² ou 2% da área da bacia. As áreas de média suscetibilidade a inundações representam 53%, ou seja, 68,57 km². As áreas de baixa suscetibilidade de inundações somam 58,38 km² ou representam 45% da bacia hidrográfica do Rio Pirarara.

A Figura 10 mostra as áreas com as classes 6 e 7 de média suscetibilidade e classe 8 de alta suscetibilidade à inundações sobre a área urbana da bacia hidrográfica do Rio Pirarara.

Figura 10. Áreas de média e alta suscetibilidade de inundações ná área urbana da Bacia Hidrográfica do Rio Pirarara, município de Cacoal – RO, Amazônia Ocidental.

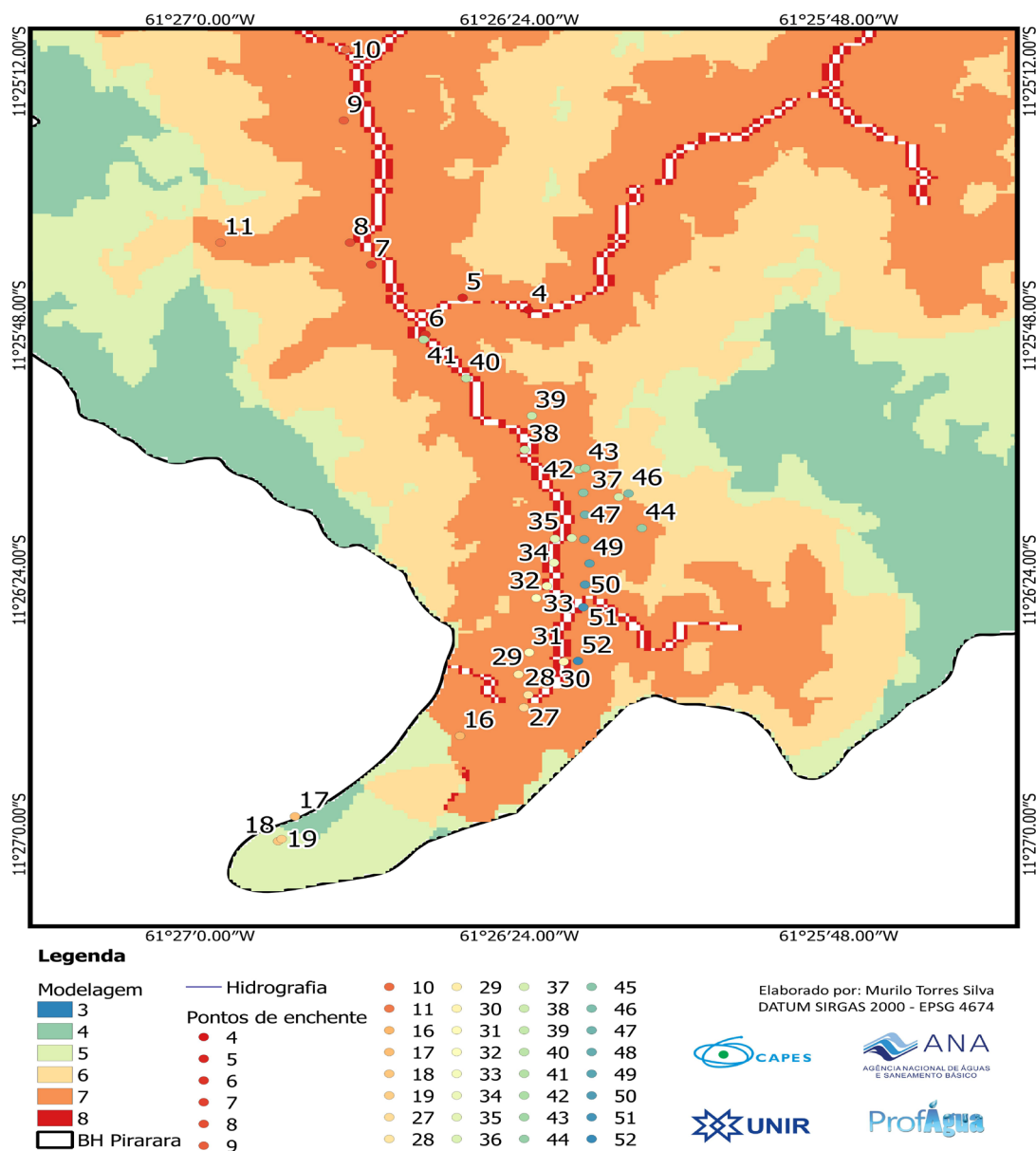


Na área urbana da bacia do Rio Pirarara, 1,03 km² ou 1,89% da área tem alta suscetibilidade de inundações. A área de média suscetibilidade à inundação representa 62,37% ou seja 32,24 km². A área de baixa suscetibilidade de inundações soma 18,48 km², representando 35,74% (Figura 11).

O resultado de suscetibilidade da área urbana da (Figura 10) foi comparado com as informações dos pontos geográficos do evento de inundação ocorrido em 2012 no Rio Pirarara (Figura 11). Para avaliação da confiabilidade da mancha de inundação gerada pelo modelo HAND, foram utilizados 38 pontos de inundação catalogados pela CPRM (Barboza et al. 2012), onde todos os pontos dentro da bacia do Rio Pirarara se mostraram coerentes com a mancha de inundação gerada (Figura 11), o que significa excelente confiabilidade do modelo HAND em relação aos dados de inundação da bacia hidrográfica que tem 130,87 km².

Assim, em regiões com escassez de dados hidrológicos, o modelo HAND pode ser uma alternativa para indicar as áreas propensas à inundação (Jafarzaghan et al. 2018). Ainda segundo Melo (2021), em relação ao modelo HAND, compreendeu-se um papel fundamental como preditor de inundações em regiões com baixa disponibilidade de dados hidrológicos.

Figura 11. Pontos de inundação identificados pela CPRM em comparação com o resultado da modelagem de áreas suscetíveis a inundação na área urbana do município de Cacoal – RO.



Conclusão

A aplicação de ferramentas de classificação de imagens proporcionou a quantificação do desmatamento na Bacia Hidrográfica do Rio Pirarara. Foi possível constatar que a região de estudo teve uma expansão de áreas antropizadas (24,04%) destinadas à agricultura e pecuária entre os anos de 1984 e 2020, expansão urbana (6,13%) e redução significativa da área de floresta (30,62%).

Os resultados alcançados mostram que as condições naturais do Rio Pirarara analisadas a partir dos parâmetros morfométricos selecionados indicam que os riscos à inundação na bacia hidrográfica são baixos.

Relacionado ao evento extremo de precipitação para a inundação de fevereiro de 2022, foi constatado um volume de precipitação acumulada na semana de 160mm e no dia da inundação de 113,40 mm, que representa quase metade do volume acumulado no mês de fevereiro, que foi de 293 mm. Quanto à cota do Rio Pirarara, a inundação do dia 18 de fevereiro de 2022 atingiu a marca de 677 cm, ocasionando grande impacto nas áreas inundadas.

O modelo HAND se mostrou eficiente na delimitação de áreas propensas à inundação, visto que alcançou o objetivo de obter a mancha de inundação, onde 2% têm alta suscetibilidade e 53% média suscetibilidade a inundações. Quando o mapa de suscetibilidade de inundações foi confrontado com os pontos de controle e informações de inundações levantadas a campo, todos os pontos localizam-se dentro da mancha de inundação representando a realidade do evento.

Agradecimentos

A Agência Nacional das Águas (ANA), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR) e ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015. Ao *campus* Ji-Paraná da Fundação Universidade Federal de Rondônia.

Participação dos autores: MTS - Conceitualização, curadoria de dados, análise formal, investigação, metodologia, administração do projeto, visualização, redação original. ALDR - Conceitualização, supervisão, validação, revisão e edição. GNS - Conceitualização, metodologia, visualização. MSS - Conceitualização, investigação, metodologia, visualização. RA - Conceitualização, supervisão, validação, revisão e edição.

Aprovação ética ou licenças de pesquisa: Não se aplica.

Disponibilidade dos dados: Manuscrito oriundo da dissertação de mestrado disponível no repositório da Universidade Federal de Rondônia (UNIR). Link: https://www.ri.unir.br/jspui/handle/123456789/3038?author_page=0

Fomento: Universidade Federal de Rondônia (UNIR).

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

Referências

ANA. 2022. Agência Nacional de Águas. Sistema de Informações Hidrológicas. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em: 22 maio 2022.

Alaska Satellite Facility. 2021. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/#/>. Acesso em: 1 dez. 2021.

Alves TLB, Azevedo PV, Silva MT. 2014. Análise morfométrica da bacia hidrográfica riacho Namorado, São João do Cariri-PB: uma ferramenta ao diagnóstico físico. Revista de Geografia 31(3):130-148. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229081>. Acesso em: 28 nov. 2021.

Barbosa DC, Caramello N, Silva GNE. 2021. Um rio e sua gente análise de variáveis para diagnóstico da identidade fluvial de ribeirinhos urbanos do Rio Pirarara – Cacoal / RO. Revista Sociedade e Território 33(1):188–208. DOI: <https://doi.org/10.21680/2177-8396.2021v33n1ID21879>.

Barboza FAR, Bezerra SR, Gomes WR, Silva JAN. 2012. Levantamento de áreas de inundação no município de Cacoal – RO, Relatório Técnico. Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/15389>. Acesso em: 14 ago. 22.

Batista DF, Cabral JBP, Rocha T, Barbosa GR. 2018. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão santo antônio - go. RevGeoamb 29. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/50882> DOI: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i29.50882>

BERTONI JC, TUCCI CEM. 2003. Inundações urbanas na América do Sul. In: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - Porto Alegre -RS. Disponível em: https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/ofitexto.arquivos/imundacoesAmericaSul_SUM.pdf. Acesso em: 21 de nov. 2021.

Brasil. 2012. Lei no 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; [...]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm. Acesso em: 28 nov. 2021.

Brasil. 2021. ODS. Objetivo 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima. Disponível em: odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo=13. Acesso em: 31. jun. 2021.

Cacoal. 2022 Famílias afetadas por inundação, Rio Pirarara. Portal da Prefeitura municipal de Cacoal RO matéria de 19/02/2022. Disponível em: <https://www.cacoal.ro.gov.br/?s=enchente>. Acesso em: 13 jul. 2022.

Canholi AP.2014. Drenagem urbana e controle de enchentes. Oficina de Texto, São Paulo.

Casagrande B. 2009. Caracterização do meio físico e avaliação do desmatamento no município de Cacoal – RO de 1986 a 2007, utilizando técnicas de geoprocessamento. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/> Acesso em 1 nov. 2021.

Casagrande AP. 2013. Famílias temem nova enchente com cheia do Rio Pirarara, em Cacoal, RO. G1 RO, Disponível em: <https://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2013/01/familias-temem-nova-enchente-com-cheia-do-rio-pirarara-em-cacoal-ro.html>. Acesso em 21 mai 2022.

Chen W, Li Y, Xue W, Shahabi H, Li S, Hong H, Wang X, Bian H, Zhang S, Pradhan B, Ahmad BB. 2020. Modeling flood susceptibility using data-driven approaches of naïve Bayes tree, alternating decision tree, and random forest methods. Sci Total Environ 20(701):134979. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134979. Epub 2019 Nov 2. PMID: 31733400.

Christofoletti A.1974. Geomorfologia. Editora Blücher, São Paulo.

Collischowwn W e Dornelles F. 2013. Hidrologia para engenharia e ciências ambientais. ABRH, Porto Alegre.

Conceição ACR. e Simões LMP. 2021. Nota técnica para elaboração de modelagens de inundação. Serviço Geológico do Brasil. CPRN. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/22079/1/nota_tecnica_inundacao_modelagem.pdf79. Acesso em: 28 nov. 2021.

CNRH. 2003. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução N° 32, de 15 de outubro de 2003. Disponível em: <Http://Www.Aesa.Pb.Gov.Br/Aesa-Website>. Acesso em: 2 dez. 2021.

CPRM. 2019. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação: município de Cacoal, RO. [S. l.]. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/21474>. Acesso em: 2 dez. 2021.

Fearnside PM.2005. Desmatamento na Amazônia brasileira: História, índices e consequências. Revista Megadiversidade 1:7-19. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340923558_Desmatamento_na_Amazonia_brasileira_Historia_indices_e_consequencias Acesso em: 13 jul. 2022.

- Goerl RF, Kobiyama M, Michel GP. 2017. Mapeamento de áreas susceptíveis a inundação com o modelo HAND e análise do seu desempenho em diferentes resoluções espaciais. *Revista Brasileira de Cartografia* 69(1):61-69. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44032>. Acesso em 22 abr. de 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/rbcv69n1-44032>
- Gordon LJ, Finlayson CM, Falkenmark M. 2011. Managing water in agriculture for food production and other ecosystem services. *Agricultural Water Management* 97:512-519. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378377409000924>. Acesso em 22 abr. de 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.03.017>
- Horton RE. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological society of America bulletin* 56(3):275-370. Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/>. Acesso em: 28 ago. de 2021. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2)
- INPE. 2019. TerraView 4.2.2. São José dos Campos, SP. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/terralib5/wiki/doku.php?id=wiki:downloads:tutorial_tv422/. Acesso em: 01 ago. 2023.
- Jafarzadegan K, Merwade V, Saksena S. A geomorphic approach to 100- year floodplain mapping for the Conterminous United States. *Journal of Hydrology* 561:43-58 United States, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii>. Acesso em: 01. jun. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.03.061>
- Melo VB. 2021. Aplicação de informações espaciais de alta resolução para estudo de ocorrências de inundações urbanas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife. Ed. Recife, Recife, PE, 2021. Disponível em: <https://attenu.ufpe.br/handle/123456789/41341> Acesso em: jul. de 2021.
- Mengue VP, Scottá FC, Silva TS da, Farina F. 2016. Utilização do Modelo HAND para mapeamento das áreas mais suscetíveis à inundação no Rio Uruguai. *Revista Pesquisas em Geociências* 43(1):41-53. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/78191>. Acesso em 28 abr. 2022. DOI: <https://doi.org/10.22456/1807-9806.78191>
- Monge JDS. 2018. Aplicação do modelo HAND para o mapeamento de áreas factíveis á inundação no município de Blumenau – SC. Monografia. UNISUL. Palhoça. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/4833>. Acessado em 04. jun. 2021.
- Monte BEO, Zanandrea F, Silveira ALLD, Tavares, MH, Abatti, BH, 2019. Capacidade do modelo HAND na representação de uma mancha de inundação comparado ao modelo hidrodinâmico HEC-RAS 2D. *Anais[...]*. Porto Alegre, RS: ABHR. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/>. Acessado em 04. jun. 2021.
- Namikawa LM. 2021. Ferramentas para modelagem e monitoramento de bacias hidrológicas. [S. l.], Disponível em: <http://wiki.dpi.inpe.br/doku.php?id=trein:cursoufba>. Acesso em: 2 dez. 2021.
- Nobre AD, Cuartas LA, Momo MR., Severo DL, Pinheiro A, Nobre C A. 2015. HAND contour: a new proxy predictor of inundation extent. *Hydrological Process* 30:320-333. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/>. Acesso em 15 de ago. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/hyp.10581>
- PROFÁGUA, Oficina de mapeamento de indicadores de sustentabilidade aplicados a gestão de recursos hídricos – delimitação urbana do Rio Pirarara – Cacoal/Rondônia. Certidão de Extensão nº 217/2019 (0302896). Mestrado Profissional Em Rede Nacional Em Gestão E Regulação De Recursos Hídricos, 2019.
- QGIS. 2023. Development Team, <YEAR>. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org/>. Acesso em 01 de ago 2023.
- Queiroga AA, Oliveira RGL, Filgueira HJA, Cunico C. 2023. Mapeamento de áreas suscetíveis à inundação aplicando diferentes modelos digitais de elevação no modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND). *Revista do Departamento de Geografia* 43:191008. DOI: 10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2023.191008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/191008>. Acesso em: 11 ago. 2023.
- Rennó CD, Nobre AD, Cuartas LA, Soares JV, Hodnett MG, Tomasella J. 2008. HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. *Remote Sensing of Environment* 112(9):3469–3481. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.03.018>. Acesso em 21 de Jun 2021.

Ricardo GS, Neto SLR. 2016. Modelagem hidrológica chuva-vazão da bacia hidrográfica do Alto Canoas por meio do modelo HEC-HMS (Hydrologic Modeling System). UDESC - 26º Seminário de Iniciação Científica -. Disponível em: https://www1.udesc.br/arquivos/id_submenu/2550/85. Acesso em: 21 de Jun 2021.

Santos EB, Lucio PS, Santos e Silva CM. 2016. Estimating return periods for daily precipitation extreme events over the Brazilian Amazon. Theoretical and Applied Climatology 126:585–595. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-015-1605-9>. Acesso em: 22 de mai. 2022.

Santos RS, Vieira PD, Evangelista DHR, Oliveira LJC, Nonato D. 2018. Caracterização de extremos mensais de precipitação em Cacoal (RO). Revista Brasileira de Climatologia 22(14):267-280. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/55285>. Acesso em: 22 de mai. 2022.

Schumm SA. 1963. A sinuosity of alluvial rivers on the great plans. Geol.Soc. America Bull 9:1089-1100. Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article-> Acesso em 14 jul. 2022. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1963\)74\[1089:SOAROT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1963)74[1089:SOAROT]2.0.CO;2)

Schumm S. A. 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. Geological Society of America Bulletin 1:597-646. Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article->. Acesso em 14 jul. 2022. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2)

Silva AM, Mello CR. 2013. Apostila de Hidrologia. Universidade Federal de Lavras. UFLA, Lavras, MG.

Sobrinho AT, Oliveira PT, Rodrigues DB, Ayres FM. 2010. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. Revista Engenharia Agrícola 30(1):46–57, Jaboticabal, SP, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/BCFw7SYRfd8scZBTt7pKmsG/abstract/?lang=pt> Acesso em: 13 jun. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000100005>

Souza CF, Pertille CT, Corrêa BJS, Vieira FS. 2012. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Ivaí - Paraná. Geoambiente on-line-Line. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/geoambiente2>. Acesso em: 7 set. 2021. DOI: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i29.50602>

Strahler AN. 1958. Dimensional analysis applied to fluviially eroded landforms. Geological Society of America Bulletin 69(3):279-300. Disponível em: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1958GSAB279S/>. Acesso em: 30. jul. 2021. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1958\)69\[279:DAATFE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1958)69[279:DAATFE]2.0.CO;2)

SECOM. 2014. Superintendência Estadual de Comunicação. Enchente em Cacoal desaloja famílias. Disponível em: <http://www.rondonia.ro.gov.br/enchente-em-cacoal-desaloja-familias/>. Acesso em: 30. jul. 2021.

TUCCI CE, SILVEIRA LA. 2004. Hidrologia: Ciência e Aplicação. primeira reimpressão. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH.



Villela S M, Mattos A. 1975. Hidrologia aplicada. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo.

Zanandrea F, Vanelli FM, Tavares TDGA, Goldenfum JA. 2018. Delimitação da área potencialmente inundada pela cheia histórica de 1974 em Tubarão, SC. In: Encontro Nacional de Desastres. Anais [...]. ABRH, Porto Alegre. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/184920?locale-attribute=es>. Acesso em: 05. jun. 2021.



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

Análise espacial e temporal da qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Cachoeira, Bahia

Jaielle Rodrigues Nascimento^{1*} , Nadson Ressayé Simões² 

1 Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais, Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB, Praça José Bastos - Centro, Itabuna - BA, 45600-923

2 Centro de Formação em Ciências Agroflorestais, Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB, Praça José Bastos, s/n - Centro, Itabuna - BA, 45600-923

*Autor para correspondência: jaiellerodrigues@hotmail.com

Recebido em 19 de junho de 2023.

Aceito em 28 de agosto de 2023.

Publicado em 31 de agosto de 2023.

Resumo - Este trabalho objetivou analisar a variação espaço-temporal da qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Bahia. Análise de uso e cobertura da terra, testes estatísticos multivariados e não paramétricos foram utilizados para avaliar 17 parâmetros físico-químicos e microbiológicos de 9 estações de monitoramento, entre 2008 e 2020. A bacia apresentou predominância de áreas de Pastagem e Formação Florestal, ambas reduzidas em 2020. A Formação Savânica, Mosaico de Usos e áreas Urbanas variaram positivamente. Todos os pontos violaram o Valor Máximo Permitido de Coliformes Termotolerantes, conforme Resolução CONAMA 357/2005. O Ribeirão Salomé apresentou o menor percentual de violações. Os resultados das análises de tendência Mann-Kendall sugeriram que Sólidos Suspensos foi o parâmetro com maior número de tendências de elevação na bacia. A Análise de Componentes Principais mostrou que os parâmetros com maior variabilidade temporal foram: coliformes termotolerantes, sólidos (totais, suspensos e dissolvidos), demanda bioquímica de oxigênio e condutividade elétrica. Ao longo de toda a bacia, foi observada a degradação da qualidade da água durante o período estudado, principalmente relacionada ao lançamento de esgotos domésticos e ausência de mata ciliar, evidenciando a necessidade de medidas mitigadoras, visando a conservação e manutenção deste recurso.

Palavras-chave: Estatística multivariada. Monitoramento. Poluição.

Spatial and temporal analysis of water quality in the Cachoeira River basin, Bahia

Abstract - This work aimed to analyze the space-time variation of surface water quality in the Cachoeira River Basin, Bahia. Land use and land cover analysis, multivariate and non-parametric statistical tests were used to evaluate 17 physical-chemical and microbiological parameters of 9 monitoring stations, between 2008 and 2020. The basin showed predominance of areas of Pasture and Forest Formation, both reduced in 2020. The Savanna Formation, Mosaic of Uses and Urban Areas varied positively. All

points violated the Maximum Permissible Value of Thermotolerant Coliforms, according to CONAMA Resolution 357/2005. Ribeirão Salomé had the lowest percentage of violations. The results of the Mann-Kendall trend analysis suggested that Suspended Solids was the parameter with the highest number of elevation trends in the basin. Principal Component Analysis showed that the parameters with the greatest temporal variability were: thermotolerant coliforms, solids (total, suspended and dissolved), biochemical oxygen demand and electrical conductivity. Throughout the basin, degradation of water quality was observed during the period studied, mainly related to the release of domestic sewage and the absence of riparian vegetation, evidencing the need for mitigation measures, aiming at the conservation and maintenance of this resource.

Keywords: Multivariate statistics. Monitoring. Test Mann-kendall.

Análisis espacial y temporal de la calidad del agua en la cuenca del Río Cachoeira, Bahia

Resumen - Este trabajo tuvo como objetivo analizar la variación espacio-temporal de la calidad del agua superficial en la cuenca del río Cachoeira, Bahía. Se utilizaron análisis de uso y cobertura del suelo, pruebas estadísticas multivariadas y no paramétricas para evaluar 17 parámetros físico-químicos y microbiológicos de 9 estaciones de monitoreo, entre 2008 y 2020. La cuenca mostró predominio de áreas de Pastizal y Formación Forestal, ambas reducidas en 2020. La Formación Sabana, Mosaico de Usos y Áreas Urbanas varió positivamente. Todos los puntos violaron el Valor Máximo Permissible de Coliformes Termotolerantes, según Resolución CONAMA 357/2005. Ribeirão Salomé tuvo el porcentaje más bajo de violaciones. Los resultados del análisis de tendencias de Mann-Kendall sugirieron que los Sólidos Suspendidos fueron el parámetro con el mayor número de tendencias de elevación en la cuenca. El Análisis de Componentes Principales mostró que los parámetros con mayor variabilidad temporal fueron: coliformes termotolerantes, sólidos (totales, suspendidos y disueltos), demanda bioquímica de oxígeno y conductividad eléctrica. En toda la cuenca, se observó degradación de la calidad del agua durante el período estudiado, principalmente relacionada con la liberación de aguas residuales domésticas y la ausencia de vegetación ribereña, evidenciando la necesidad de medidas de mitigación, orientadas a la conservación y mantenimiento de este recurso.

Palabras clave: Estadística multivariante. Supervisión. Contaminación.

Introdução

A água é um bem essencial a todos os seres vivos e seu manejo é fundamental para garantir a qualidade necessária para consumo (Barbosa et al. 2022). No entanto, diversas fontes de poluição da água, em muitos casos, diretamente associadas a atividades antropogênicas, dificultam a sua conservação. As fontes mais comuns de poluição têm sido através de matéria orgânica biodegradável, sólidos em suspensão, nutrientes, patógenos, matéria orgânica não biodegradável e metais pesados

(Kilic 2021). Uma das formas de analisar a qualidade da água é através de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, os quais, segundo o Ministério da Saúde (Brasil 2011), conferem potabilidade e asseguram que a água não ofereça riscos à saúde nem ao meio ambiente, o que enfatiza a importância do monitoramento dos corpos d'água.

O monitoramento da qualidade das águas é um dos principais instrumentos que sustentam a gestão dos recursos hídricos (Veras 2020). Esse acompanhamento permite conhecer o comportamento da qualidade das águas, tornando possível avaliar sua evolução e como fatores externos (e.g. impactos antropogênicos) podem estar alterando suas condições naturais de funcionamento. E para identificar padrões de heterogeneidade espaço-temporal de corpos d'água, ferramentas estatísticas associadas a análises de uso e cobertura da terra têm sido amplamente utilizadas para desenvolver estudos que subsidiem a gestão dos recursos hídricos (Grieco *et al.* 2017; Santos *et al.* 2019; Cerqueira *et al.* 2020; Prado *et al.* 2021; Martins *et al.* 2022).

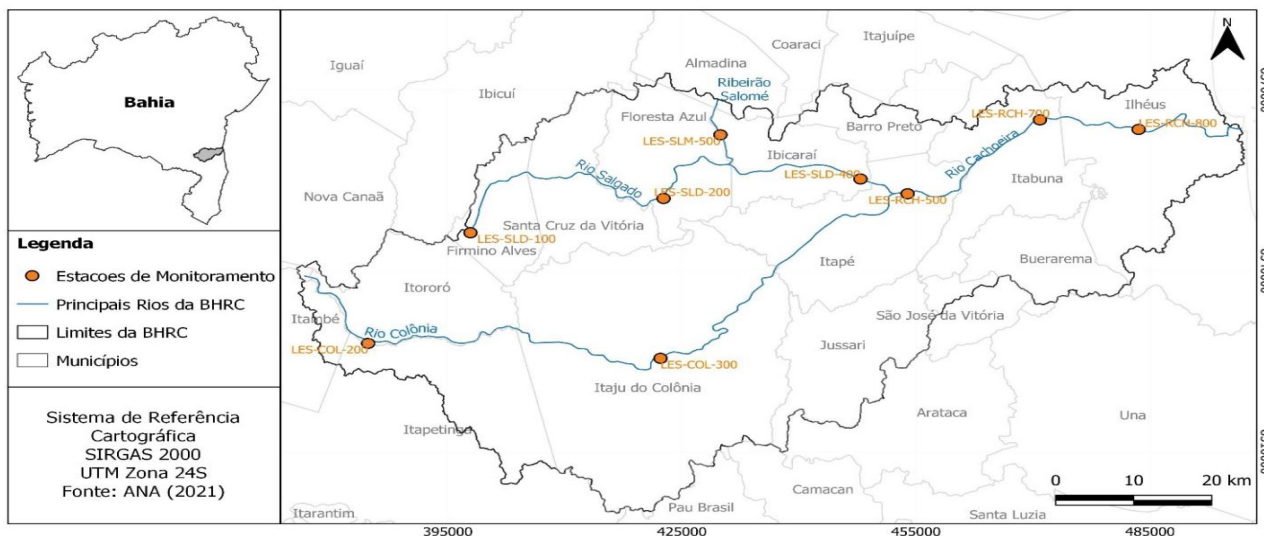
Conforme a Lei nº 9433/1997, bacia hidrográfica é a unidade de planejamento territorial, nas quais são implementadas políticas voltadas para sua gestão e proteção (Brasil 1997). A Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira (BHRC), monitorada desde 2008 pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), é importante para o desenvolvimento socioeconômico da região, pois subsidia atividades como pesca, irrigação, dessedentação de animais e abastecimento público (Engelbrecht *et al.* 2019). No entanto, algumas fontes de poluição já foram registradas, tais como o lançamento indevido de efluentes domésticos, atividades agropecuárias, manejo inadequado do solo e a disposição inadequada de resíduos sólidos (Cerqueira *et al.* 2020; Lopes *et al.* 2021).

Nesse contexto, a variação da qualidade das águas superficiais da BHRC foi analisada a partir de um conjunto de dados de 12 anos e usada para explorar as seguintes questões: (i) qual a variação espaço-temporal da qualidade da água na bacia? (ii) quais parâmetros apresentam maiores porcentagens de violações, conforme regulamentação vigente? (iii) há parâmetros com tendências temporais? E, visto que não foram encontrados estudos anteriores com abordagem semelhante, os resultados aqui obtidos poderão servir de apoio na elaboração de futuros diagnósticos, capazes de subsidiar a fiscalização e a elaboração de ações político-administrativas em prol de uma gestão sustentável da bacia e de seus recursos.

Material e Métodos

A BHRC está situada no Litoral Sul da Bahia, limitada pelas bacias dos rios Contas, Almada, Pardo e Una e pelo Oceano Atlântico, possuindo uma área de drenagem de aproximadamente 4830 km² (Flores-Lopes e Silva 2020). A bacia abrange 12 municípios, sendo o rio Cachoeira o seu principal afluente, nascendo na Serra de Ouricana, no município de Itororó, com o nome de rio Colônia e se formando na cidade de Itapé, na confluência do rio Colônia com o rio Salgado, atingindo extensão de 181 km numa amplitude de 720 m de altitude (Figura 1) (Engelbrecht *et al.* 2019). O clima na BHRC, segundo a classificação de Köppen (1936), varia de leste a oeste, passando de clima tropical úmido (Af), a clima de monção (Am) e clima tropical com estação seca de inverno (Aw). Apresenta precipitação média de 2400 a 900 mm anuais, sendo bem distribuída durante todo o ano, temperatura média anual de 24°C e umidade relativa do ar média em torno de 80% (Cerqueira *et al.* 2020; Teramoto e Chang 2020).

Figura 1. Localização geográfica da BHRC e das estações de monitoramento do INEMA, selecionadas para este estudo.



Os dados de monitoramento da BHRC realizados pelo INEMA (Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos) são disponibilizados no Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos (SEIA). Para este estudo, foram consideradas as estações de monitoramento com as maiores séries históricas, abrangendo os anos de 2008 a 2020, sendo: duas estações no Rio Colônia (LES-COL-200, LES-COL-300); três no Rio Salgado (LES-SLD-100, LES-SLD-200 e LES-SLD-400); três no Rio Cachoeira (LES-RCH-500, LES-RCH-700 e LES-RCH-800); e uma no Ribeirão Salomé (LES-SLM-500) (Figura 1). Para as análises de qualidade da água nas nove estações de monitoramento, foram selecionados 17 parâmetros físico-químicos e biológicos, sendo eles: coliformes termotolerantes, clorofila-*a*, salinidade, condutividade elétrica (CE), sólidos totais (ST), sólidos totais dissolvidos (STD), sólidos suspensos (SS), temperatura da água, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido (OD), pH, fósforo total (PT), nitrato, nitrogênio total (NT) e alcalinidade total.

As tendências temporais de aumento ou decréscimo de cada parâmetro foram avaliadas por meio do teste não paramétrico de Mann-Kendall com a média anual de cada variável. Previamente, os parâmetros foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, a partir do qual verificou-se que nenhum possuiu distribuição normal. O nível de significância adotado foi de 0,10. Os valores de Tau de Kendall, derivado do teste Mann-Kendall, indicam a intensidade da tendência e o sinal, indicam o sentido da tendência temporal, podendo ser de elevação (valores de Tau positivos) ou tendência de redução (valores de Tau negativos) (Mann 1945; Kendall 1975). Os resultados foram plotados em gráficos para melhor visualização das tendências dos parâmetros analisados. Para identificar os principais parâmetros indicadores da degradação ambiental, levando-se em consideração os Valores Máximos Permitidos (VMP) para os parâmetros de qualidade da água Classe II, foi realizada a Análise do Percentual de Violações conforme os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 (Tabela 1).

Tabela 1. Parâmetros utilizados na Análise do Percentual de Violações e seus respectivos VMP, conforme Resolução CONAMA 357/2005, para águas de classe 2.

	Parâmetro	Valor Máximo Permitido
Biológicos	coliformes termotolerantes	Máximo 1.000 UFC/100mL
	clorofila- <i>a</i>	Máximo 30 µg/L
Físicos	turbidez	Máximo 100 NTU
	STD	Máximo 500 mg/L
Químicos	DBO	Máximo 5 mg/L
	OD	Mínimo 5 mg/L
	pH	Entre 6-9
	P total	Máximo 0,10000 mg/L
	nitrato	Máximo 10 mg/L

A Análise de Componentes Principais (ACP) foi realizada para caracterizar as variações espaciais e expressar a relação entre variáveis abióticas e os pontos monitorados. Os dados foram padronizados com a matriz de correlação e para selecionar os eixos significativos, foi aplicado o Critério de Broken-Stick. Para esta análise, os dados foram separados por rio com a finalidade de diminuir a fonte de variabilidade espacial e dar mais evidência para as variações temporais. O uso de métodos estatísticos multivariados tem se mostrado como ótimas ferramentas para a análise exploratória para dados como estes, sendo utilizados com frequência em conjunto com análises de tendência (Trindade et al. 2017). Todas as análises estatísticas foram realizadas no Software R versão 4.1.0 (R Core Team 2021), utilizando os pacotes ggplot2 para os gráficos de tendência (Wickham H 2016) e factoextra (Kassambara e Mundt 2020) e FactoMineR para a ACP (Husson et al. 2007).

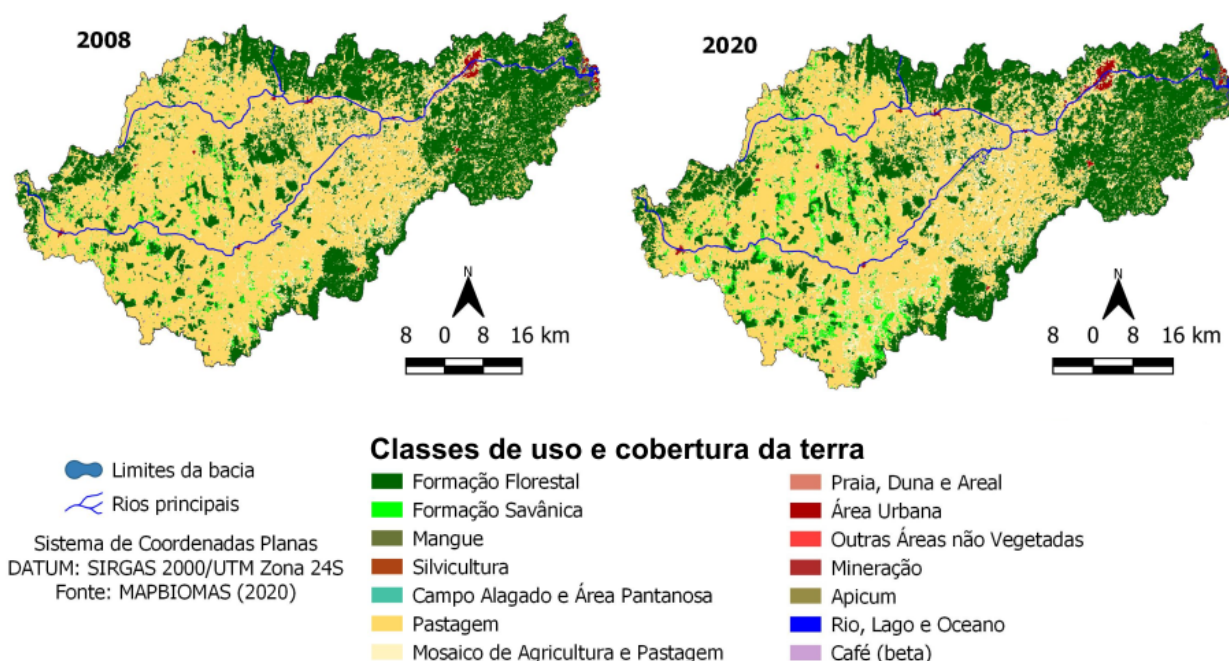
Os mapas de uso e cobertura da terra da BHRC foram elaborados a partir de imagens do sensor LANDSAT, com resolução espacial de 30 metros, geradas a partir do desenvolvimento de códigos na linguagem de programação JavaScript com aplicação do algoritmo Random Forest para classificação dos usos, disponibilizadas gratuitamente pela plataforma do MAPBIOMAS (<https://mapbiomas.org/>). Foram utilizados dados da Coleção 7.0 para as séries históricas anuais de 2008 e 2020. Os mapas foram avaliados quanto a área em km², utilizando o software QGIS 3.16, e a comparação entre as classes de uso e cobertura da terra foi realizada com base no percentual de cada categoria, a fim de avaliar as taxas de aumento ou redução dos diferentes usos dentro do intervalo de tempo analisado.

Resultados

A análise de uso e cobertura da terra da BHRC para os anos de 2008 e 2020 evidenciou 14 categorias de uso, sendo predominante, para os dois anos, as áreas de Pastagem, seguida da Formação Florestal, Mosaico de Usos (agricultura, pastagem, etc), Formação Savânica e Áreas Urbanizadas. Não houve mudança nas classes de uso entre os anos analisados, embora variações tenham sido observadas. As áreas de Formação Florestal, já muito reduzidas em 2008, diminuíram cerca de 1,33%; as áreas de Pastagem reduziram, aproximadamente, 9,14%, a classe Rio, Lago e Oceano apresentou uma redução de 26,58% e Campo Alagado e Área Pantanosa 21,82% (Figura 2).

Por outro lado, as classes com maior aumento ao longo dos 12 anos analisados foram a Silvicultura (5.454,19%) e a cultura do café (664,23%). Outras Áreas Não Vegetadas, Formações Savânicas e Áreas Urbanizadas também aumentaram cerca de 131,60%, 113,82% e 31,97%, respectivamente. As áreas que compreendem o Ribeirão Salomé e o Rio Cachoeira são as que apresentam maior percentual de floresta, embora o último apresente também a maior concentração de área urbana (Figura 2).

Figura 2. Mapa de uso e cobertura da terra da BHRC para os anos de 2008 e 2020 e suas respectivas classes, com área em km² e variação ao longo dos 12 anos.



Classes	Área (km ²)		Variação (%)	Classes	Área (km ²)		Variação (%)
	2008	2020			2008	2020	
Silvicultura (monocultura)	0,0038	0,2134	5454,1919	Mangue	8,6623	8,4900	-1,9886
Agricultura (Café)	0,0058	0,0440	664,2285	Rio, Lago e Oceano	13,5106	9,9200	-26,5761
Praia, Duna e Areal	0,0192	0,0061	-68,4521	Área Urbanizada	26,7033	35,2400	31,9688
Apicum	0,1239	0,0251	-79,7494	Formação Savânica	90,3837	193,2600	113,8217
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,1748	0,1367	-21,8254	Mosaico de Usos	492,1161	644,9100	31,0484
Mineração	0,3073	0,3955	28,6805	Formação Florestal	1638,5166	1616,6900	-1,3321
Outras Áreas não Vegetadas	0,3995	0,9253	131,5982	Pastagem	2583,2303	2347,0500	-9,1428

*Valores com sinal negativo (-) indicam redução da área da classe correspondente.

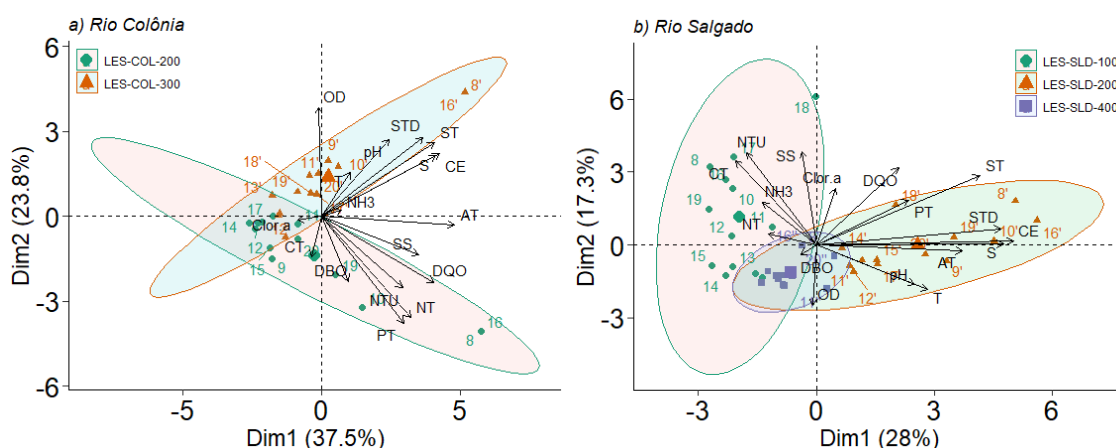
Para o Rio Colônia (Figura 3a), o eixo 1 da ACP explicou 37,1% e o eixo 2, 25,4% da variabilidade dos dados. As variáveis com maior destaque no eixo 1 foram alcalinidade total, DQO e CE, demonstrando a variação temporal. Este eixo demonstra a variação temporal com, em média, maiores valores de alcalinidade total, CE e DQO e menores de OD nos anos de 2008, 2010 e 2016; e maiores valores de OD e menores de alcalinidade total, CE e DQO nos anos de 2009, 2011, 2012, 2013, 2014 e 2015. Para o eixo 2, as variáveis com maior destaque foram OD, STD e SS, ordenando as estações monitoradas entre as regiões superior e inferior da ACP. LES-COL-200 apresentou maior poluição, com altas concentrações de nutrientes, elevada turbidez, DBO e DQO, e OD inversamente proporcional.

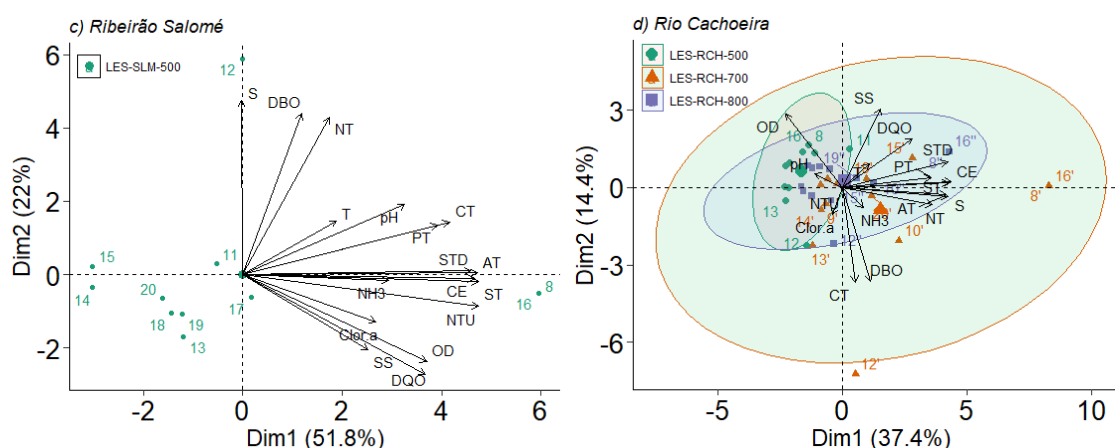
Para o Rio Salgado (Figura 3b), o eixo 1 da ACP explicou 26,7% e o eixo 2, 17,6% da variabilidade dos dados. As variáveis com maior destaque no eixo 1 foram a CE, STD, ST e alcalinidade total, ordenando as estações monitoradas. Os parâmetros da estação LES-SLD-100 apresentaram a maior carga de poluição orgânica, com altas concentrações de coliformes termotolerantes e de bases nitrogenadas, e com o OD inversamente proporcional. Para o eixo 2, as variáveis com maior destaque foram coliformes termotolerantes, turbidez, DBO e SS. Este eixo demonstra a variação temporal com, em média, maiores valores de coliformes termotolerantes, turbidez, DBO e SS e menores de OD e pH nos anos de 2008, 2016, 2017 e 2018; e maiores valores de OD e pH e menores de coliformes termotolerantes, turbidez, DBO e SS no ano de 2013.

No Ribeirão Salomé (Figura 3c), com apenas uma estação de monitoramento, o eixo 1 da ACP explicou 51,8% e o eixo 22% da variabilidade dos dados. As variáveis com maior destaque no eixo 1 foram os sólidos, alcalinidade total, CE, turbidez e coliformes termotolerantes. Para o eixo 2, as variáveis com maior destaque foram salinidade, DBO, DQO, OD e NT. A variação temporal, apresentou em média, maiores valores dos sólidos (STD, ST e SS), alcalinidade total, CE, turbidez e coliformes termotolerantes nos anos 2008 e 2016 e menores valores nos anos de 2013, 2014, 2015, 2018, 2019 e 2020.

E para o Rio Cachoeira (Figura 3d), o eixo 1 da ACP explicou 38,6% e o eixo 2, 13,7% da variabilidade dos dados. As variáveis com maior destaque no eixo 1 foram a CE, ST e alcalinidade total, principalmente, ordenando as estações monitoradas. Os dados da estação LES-RCH-700 apresentaram a maior carga de poluição, com altas concentrações de DBO, coliformes termotolerantes e clorofila-*a*, com o OD inversamente proporcional. Para o eixo 2, as variáveis com maior destaque foram OD, SS, DBO e coliformes termotolerantes. Este eixo demonstra a variação temporal com, em média, maiores valores de OD e SS e menores de DBO e coliformes termotolerantes nos anos de 2008, 2010 e 2011; e menores valores de OD e SS e maiores de DBO e coliformes termotolerantes nos anos de 2012 e 2013.

Figura 3. Análise de Componentes Principais para as estações de monitoramento do Rio Colônia, Rio Salgado, Ribeirão Salomé e Rio Cachoeira no período de 2008 a 2020, sendo: OD = oxigênio dissolvido; DBO = demanda bioquímica de oxigênio; DQO = demanda química de oxigênio; SS = sólidos suspensos; STD = sólidos totais dissolvidos; CE = condutividade elétrica; NTU = turbidez; PT = fósforo total; ST = sólidos totais; NT = nitrogênio total; S = salinidade; AT = alcalinidade total; T = temperatura; Clor.a = clorofila-*a*; CT = coliformes termotolerantes; NH₃ = nitrato; pH = potencial hidrogeniônico. 8 = 2008; 9 = 2009; 10 = 2010; 11 = 2011; 12 = 2012; 13 = 2013; 14 = 2014; 15 = 2015; 16 = 2016; 17 = 2017; 18 = 2018; 19 = 2019; 20 = 2020. As aspas que acompanham os anos diferenciam, apenas, as estações de monitoramento.





A correlação de Mann-Kendall demonstrou que duas das estações de monitoramento, LES-SLD-100 e LES-RCH-800, não apresentaram tendência de alteração dos parâmetros ao longo do período estudado. Já a estação LES-SLD-200 apresentou tendência de aumento para os parâmetros clorofila-*a*, DBO e OD. A estação LES-SLD-400 apresentou tendência de aumento para os SS os e de redução para o NT. Os SS tiveram uma tendência de elevação também nas estações LES-COL-300, LES-RCH-700 e LES-RCH-500, tendo a última apresentado ainda uma tendência de redução da CE. Em COL-300, os parâmetros temperatura e salinidade, e em LES-COL-200, os coliformes termotolerantes, que apresentaram uma tendência de redução ao longo do tempo (Tabela 2). Na Figura 4 pode-se visualizar gráficos de linha, representando as tendências temporais identificadas pelo teste de Correlação de Kendall.

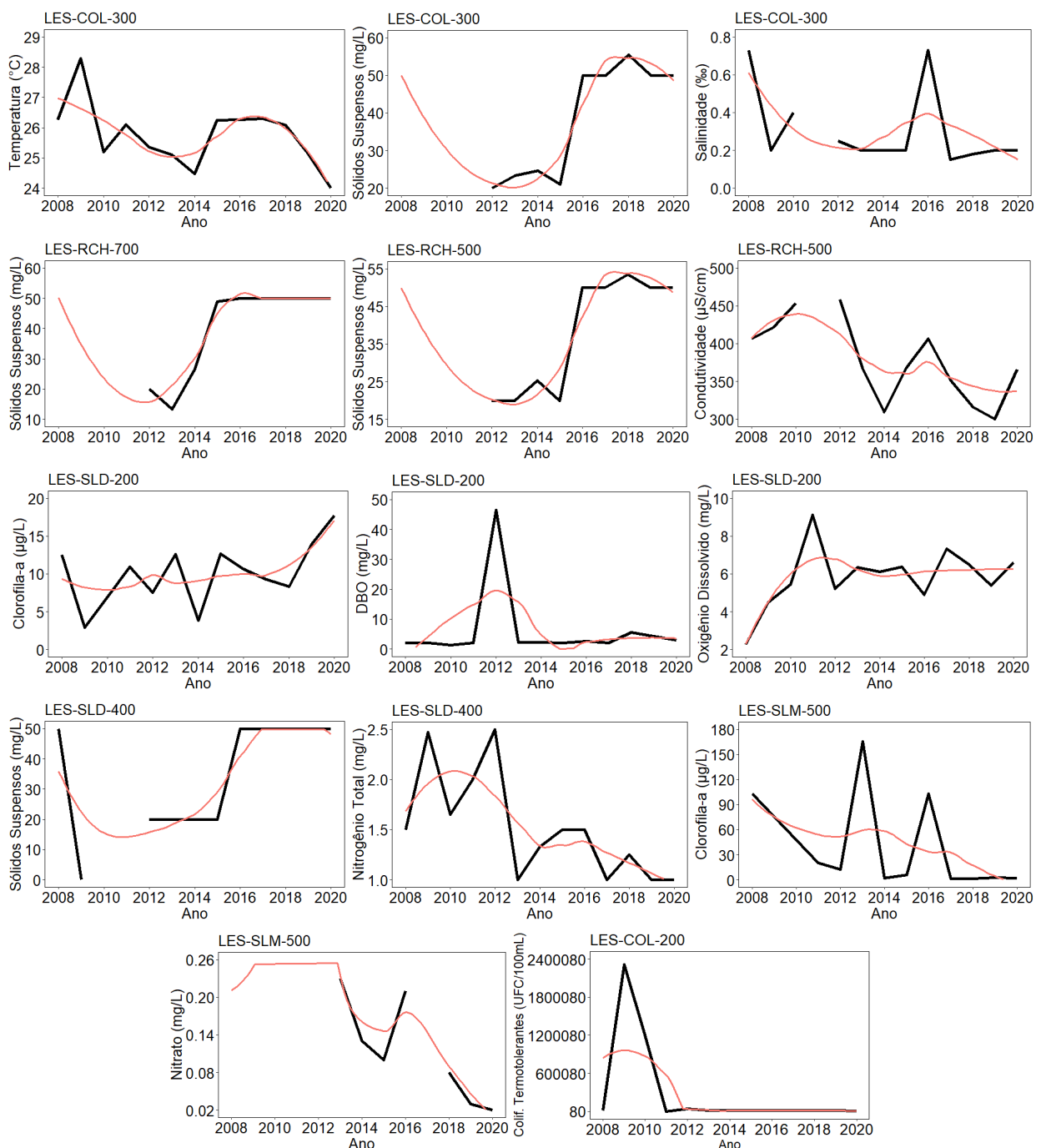
Tabela 2. Teste de Correlação de Mann-Kendall para os parâmetros físico-químicos e biológicos das nove estações de monitoramento analisadas.

Parâmetros	LES-SLD-100	LES-SLD-200	LES-SLD-400	LES-RCH-500	LES-RCH-700	LES-RCH-800	LES-COL-200	LES-COL-300	LES-SLM-500
	tau	tau	tau	tau	tau	tau	tau	tau	tau
Alcalinidade Total	0,26	-0,12	-0,11	0,41	0,11	-0,14	0,02	0,05	-0,23
Colif. Termo.	-0,12	-0,03	0,04	0,32	-0,09	-0,17	-0,47**	0,06	-0,11
Clorofila- <i>a</i>	0,04	0,36*	0,19	-0,01	0,12	0,17	0,06	0,09	-0,48**
CE	-0,02	-0,30	-0,29	-0,50**	-0,17	-0,20	-0,08	-0,11	-0,14
DBO	0,10	0,21*	0,34	0,33	0,05	0,24	-0,21	0,05	-0,26
DQO	0,22	0,27	0,19	0,17	-0,14	-0,14	-0,17	0,06	0,12
Salinidade	-0,19	-0,36	-0,37	-0,25	-0,23	-0,33	0,2	-0,42*	-0,35
STD	-0,18	-0,03	-0,20	-0,11	0,23	-0,11	0,15	0,23	0,06
SS	0,30	0,47	0,56**	0,47*	0,54**	0,47	0,26	0,48*	0,21
ST	0,06	-0,21	0,00	-0,30	-0,09	-0,30	-0,03	-0,12	-0,18
Turbidez	0,17	0,10	0,17	0,12	0,01	-0,01	-0,12	0,22	-0,11
OD	0,09	0,39*	0,25	-0,12	0,32	-0,01	0,27	0,06	-0,04
pH	-0,25	-0,03	0,10	0,01	0,12	-0,04	0,06	-0,17	0,00

T	-0,04	0,26	0,14	-0,04	0,22	0,12	0,09	-0,40*	-0,22
PT	0,01	0,26	0,19	-0,06	-0,16	0,16	-0,01	-0,04	-0,21
Nitrato	-0,24	-0,61	-0,25	-0,39	-0,45	-0,09	-0,43	-0,30	-0,76
NT	-0,27	-0,03	-0,53**	-0,26	0,06	-0,05	-0,06	-0,93	-0,51

Nota: Colif. Termo. = coliformes termotolerantes. ** (p valor < 0,05); * (p valor entre 0,05 e 0,1). Os resultados em azul indicam tendência de aumento; e os resultados em vermelho indicam tendência de redução do parâmetro ao longo do tempo.

Figura 4. Médias anuais dos parâmetros que apresentaram tendências temporais pelo teste de correlação de Kendall (em preto) e tendência temporal (em vermelho).



Quanto a comparação dos parâmetros com os VMP's definidos na Resolução CONAMA 357/2005 para o período estudado, a presença de Coliformes Termotolerantes apresentou violação em todos os pontos analisados, sobretudo em LES-COL-200, LES-RCH-500 e LES-RCH-700. Os valores de DBO apresentaram violações em LES-COL-200, LES-RCH-500 e LES-RCH-800. Os valores de STD estiveram acima do aceitável em três pontos; a turbidez e o pH em um ponto e o nitrato em nenhum. Já os valores de OD e PT estiveram dentro do VMP em apenas dois pontos, sendo o PT o único parâmetro a apresentar violação de 100%, compreendendo as estações de monitoramento LES-RCH-700 e LES-RCH-800 (Tabela 3).

Tabela 3. Porcentagem de Violações dos parâmetros para cada estação de monitoramento instaladas na BHRC.

Estações de Monitoramento	Colif. termo.	DBO	STD	Turbidez	OD	pH	PT	Nitrato
LES-COL-200	92,31%	69,23%	0%	0%	76,92%	0%	0%	0%
LES-COL-300	76,92%	23,08%	15,38%	0%	38,46%	0%	92,31%	0%
LES-RCH-500	92,31%	0%	0%	0%	0%	0%	84,62%	0%
LES-RCH-700	92,31%	0%	15,38%	0%	76,92%	0%	100%	0%
LES-RCH-800	53,85%	15,38%	0%	0%	15,38%	0%	100%	0%
LES-SLD-100	76,92%	0%	0%	46,15%	53,85%	7,69%	53,85%	0%
LES-SLD-200	30,77%	15,38%	91,67%	0%	23,08%	0%	84,62%	0%
LES-SLD-400	46,15%	7,69%	0%	0%	15,38%	0%	84,62%	0%
LES-SLM-500	38,46%	30,77%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Nota: Colif. termo. = coliformes termotolerantes.

Discussão

Segundo o INEMA, as águas da BHRC enquadram-se na Classe 2, da qual, conforme a Resolução CONAMA 357/2005, pode ser destinada ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer - com os quais o público possa vir a ter contato direto; à aquicultura e atividade de pesca. No entanto, os resultados aqui encontrados indicam o comprometimento deste recurso tanto para a balneabilidade quanto para o consumo humano. Outros autores como Pessoa et al. (2018) e Póvoas et al. (2020), avaliando a qualidade da água na BHRC, também constataram que a classificação atual se encontra desatualizada, uma vez que parâmetros como coliformes termotolerantes, OD, DBO e PT apresentam, de forma recorrente, valores superiores ao determinado pela Resolução.

A clorofila-*a*, que apresentou tendência de aumento na estação LES-SLD-200, é frequentemente utilizada como indicadora da biomassa fitoplanctônica devido ao seu enriquecimento por nutrientes (e.g. nitrogênio e fósforo). Este resultado reforça o valor de PT acima do VMP para o trecho. O fósforo aparece na água por fontes naturais (e.g. dissolução das rochas, compostos do solo, decomposição da matéria orgânica), porém, fontes antrópicas (e.g. lançamento de efluentes domésticos, industriais e águas de drenagem agropastoris e urbanas) podem desequilibrar o seu ciclo (Wang et al. 2023), tal

como evidenciado pelo uso e cobertura da terra na BHRC. Estudos como o desenvolvido Cadoná et al (2018) mostram que nutrientes em excesso interferem no consumo direto ou mesmo recreativo da água. Isso porque, uma vez que sua entrada ocorre, geralmente, de forma irregular, ocasiona ondas de crescimento fitoplanctônico, seguidas por períodos de consumo excessivo, diminuindo a disponibilidade do OD, levando a um aumento na taxa de mortalidade de peixes e outros organismos aeróbicos.

De Paula et al. (2012) identificaram elevados valores de fósforo e nitrogênio por toda a extensão da BHRC. Pessoa et al. (2018) e Cerqueira et al. (2020) associaram a alta concentração de PT na BHRC ao descarte de efluentes não tratados, elucidando que embora haja uma dominância de áreas de pastagem, como visto na análise de uso e cobertura da terra da bacia no intervalo de tempo estudado, sobretudo na área de influência da estação LES-SLD-200, a densidade populacional das áreas urbanas fornece um maior enriquecimento do fósforo. Lopes et al. (2021) demonstraram ainda que a BHRC apresenta alto grau de antropização e degradação associada ao aumento de nutrientes quando comparada com bacias vizinhas, Rio Una e Rio Almada, as quais apresentam porcentagens significativas de sistemas agroflorestais cacau-cabruca e remanescentes florestais, respectivamente. No Extremo Sul da Bahia, além de efluentes não tratados, atividades agrícolas também foram consideradas causas para o aumento do fósforo nos corpos d'água (Bifano et al. 2020).

A estação LES-SLD-200 demonstrou também uma tendência inesperada de elevação de OD, o que pode ser explicado pelo aporte de oxigênio no início das florações fitoplanctônicas, já que neste ponto do rio o curso d'água não apresenta regiões turbulentas que possam promover a aeração e, conseqüentemente, a entrada de oxigênio. Bem como a tendência de elevação da DBO para este mesmo ponto, pois quanto maior a DBO menor será a quantidade de OD no meio. Lúcio (2010) encontrou, em um trecho mais abaixo na bacia, uma relação inversa do OD com a DBO, assim como Pessoa et al. (2018), que obteve resultado semelhante para o Rio de Contas em Jequié-BA e para o Rio Principal em Feira de Santana-BA. Isso ocorre porque a DBO funciona como um indicador que determina indiretamente a concentração de matéria orgânica biodegradável na água. Poersch et al. (2019), em um estudo no Rio São Francisco Verdadeiro (Paraná), identificou valores de clorofila-*a* também inversamente proporcionais aos da DBO, sugerindo que ambientes com elevadas concentrações de DBO podem vir a limitar o estabelecimento da nova comunidade fitoplanctônica, o que não ocorreu na estação LES-SLD-200.

No entanto, em outro ponto de amostragem do Rio Salgado, no LES-SLD-400, o NT apresentou uma tendência de redução. Apesar desta estação de amostragem estar próxima a habitações, o rio percorre um bom trecho longe de áreas urbanas, sendo rodeado por fragmentos florestais, até chegar neste ponto. A presença de vegetação próxima ao leito do rio contribui para um bom funcionamento das bacias hidrográficas, ajudando na retenção de sedimentos evitando o assoreamento nas margens dos rios e servindo de abrigo e fonte de alimentação para a fauna terrestre e aquática (Lopes et al. 2021). Dessa forma, a preservação e a restauração da mata ciliar favorecem também o crescimento e a manutenção de espécies nativas, bem como as trocas gênicas (Teles et al 2022).

Na estação LES-SLM-500 no ribeirão Salomé, a clorofila-*a* apresentou tendência de redução. O que pode ser corroborado pela ausência de violação do VMP para o OD e para o PT, apesar de poder ser encontrado nesta área diversas atividades antrópicas que influenciam diretamente nestes parâmetros. Podendo-se assim inferir que, neste trecho o ribeirão Salomé apresenta uma boa capacidade de autodepuração, principalmente pela presença de mata ciliar em toda a sua extensão, de forma que

estes impactos não interferem de forma significativa no mesmo. Sobretudo, ao comparar esta estação com os outros pontos estudados, pois apresentou o melhor resultado quanto ao percentual de violação dos parâmetros e com uma maior representatividade de formação florestal e menor de área urbana. Portanto, recomenda-se que os possíveis impactos na região não venham a ultrapassar as condições já atingidas, a fim de não superar a capacidade suporte, de forma a promover a deterioração do ambiente.

Em contrapartida, a estação LES-COL-200 do Rio Colônia no município de Itororó com quase 100% de contaminação por coliformes termotolerantes, indica uma qualidade da água imprópria para os fins enquadrados na Classe 2, apresentando risco à saúde pública, mesmo apresentando uma tendência de redução ao longo do tempo. Ademais, este parâmetro foi o que apresentou o maior percentual de violações em todos os pontos de monitoramento. Póvoas et al. (2020) encontrou resultados semelhantes para trechos do rio entre Itabuna e Ilhéus. Outros estudos realizados no Estado da Bahia que também apresentam altas concentrações de coliformes foram desenvolvidos por Cunha et al. (2010) no Rio Itanhém (Teixeira de Freitas), por Moraes et al. (2012) (Salvador), Pessoa et al. (2018) nos rios Jequiracá (Mutuípe), Contas (Jequié e Ubaitaba), Principal (Feira de Santana), Almas e Rio Preto (Wenceslau Guimarães), dentre outros. Nesses estudos, as altas concentrações de coliformes foram todas atribuídas ao despejo irregular de efluente nos rios.

Para o Rio Cachoeira, trecho da bacia com maior percentual de área urbana, este resultado também pode ser atribuído a frequente carga de esgoto lançada sem o devido tratamento. Segundo a Agência Nacional de Águas (2019), apenas quatro dos municípios dentro da BHRC possuem serviços de coleta e tratamento de efluentes, embora em nenhum desses o índice de atendimento com coleta e tratamento alcance 100%. Os municípios que apresentam os maiores índices são: Itajú do Colônia (80%), Ilhéus (66%) e Itabuna (12%). Há ainda os municípios que realizam apenas o procedimento de coleta, como em Itororó, e outros que não realizam nenhuma das etapas. Lopes et al. (2019) relataram que existe uma relação direta entre as culturas agrícolas e a perda da qualidade da água e que existe uma correlação entre a área urbana e a degradação da qualidade da água.

A estação LES-RCH-700, que se encontra na área urbana de Itabuna, apresenta presença de despejo de esgotamento sanitário de forma indevida em diversos pontos, além de apresentar forte odor de poluição. No entanto, os valores temporais de coliformes termotolerantes, outro parâmetro indicativo de poluição, não apresentaram tendência. O que pode sugerir que este ponto já vem sofrendo impactos antrópicos desta natureza há muitos anos sem nenhuma intervenção. Dessa forma, torna-se necessário uma análise com uma série maior de dados, utilizando outros parâmetros de confronto, uma vez que, autores como Lúcio (2010) identificou altas concentrações de nitrogênio e fósforo nestes mesmos trechos do rio, justamente pelo despejo de esgotos domésticos.

Em estudo semelhante, analisando a tendência de parâmetros da qualidade da água de uma sub-bacia em Minas Gerais, Trindade et al (2017) atribuíram a falta de saneamento como causa para a tendência de elevação expressiva dos Coliformes nos pontos analisados. Já Silva et al (2022) avaliando a qualidade das águas captadas de uma represa, chegaram à conclusão que o crescimento populacional e as mudanças do uso do solo foram os principais fatores de influência sobre os parâmetros de qualidade das águas. A área urbana de Itabuna não apresenta mata ciliar representativa, embora sua presença pudesse favorecer a diminuição da concentração de coliformes termotolerantes nesse trecho do rio, como sugerido por De Freitas Andrade e Teixeira (2020), ao verificar redução significativa desses contaminantes após instituição de uma Área de Proteção Ambiental (APA) na área de influência de um corpo hídrico.

Em Itapé, na estação de amostragem LES-RCH-500, a condutividade elétrica apresentou uma tendência de redução. Além disso, os SS também apresentaram tendência (elevação) neste mesmo trecho do rio. Sampaio *et al.* (2007) em seu estudo com águas residuárias, identificou baixa relação entre a CE e os SS, sugerindo que esse comportamento se deve pelas partículas em suspensão apresentarem tamanhos superiores a 1 μm , podendo possivelmente dificultar a leitura da CE. Os SS apresentam tendência de aumento também nos pontos LES-RCH-800, LES-SLD-400 e LES-COL-300. Segundo Estevam *et al.* (2019), os SS e a turbidez apresentam uma forte correlação positiva, de forma que, para baixos valores de turbidez, baixos também serão os valores dos SS. No entanto, foi verificado que para todas as estações de monitoramento onde houve tendência de aumento dos SS, os valores de turbidez estavam dentro do VMP. Os SS são um problema para águas utilizadas no abastecimento público, pois a sua presença implica diretamente na qualidade da mesma, visto que apresenta grande capacidade de adsorção de contaminantes, como aqueles oriundos de esgoto não tratado (Montagnera *et al.* 2017). Assim, em quantidade excessiva, contribui negativamente nos parâmetros de cor, turbidez e microbiológicos. E o resultado aqui encontrado pode também estar relacionado a ausência de mata ciliar, como também evidenciado por Meneghelli (2016).

A silvicultura, que apresentou um aumento expressivo na bacia ao longo dos 12 anos, pode prejudicar o funcionamento ecossistêmico de rios e riachos. Isso ocorre devido a interface entre os ambientes aquático-terrestres e a forte dependência da matéria orgânica derivada da terra, altamente sensíveis às mudanças na cobertura vegetal (Ferreira *et al.* 2019). Os impactos da silvicultura incluem redução da largura canal, perda da qualidade da água para abastecimento e lazer humano, consumo animal, irrigação de cultura agrícolas e pesca (Guerino *et al.* 2022), por isso a importância da preservação da vegetal nativa.

Com a pecuária ocupando a maior parte da paisagem da BHRC em 2020, a bacia apresenta pouco ou nenhum revestimento florestal ou vegetação natural dentro de seus limites, condições estas que impactam negativamente na qualidade da água. Isso se dá, dentre outros fatores, porque estas práticas contribuem para o aumento de sólidos em suspensão no leito do rio, propiciando processos erosivos, e, conseqüentemente, o assoreamento e a poluição do mesmo. A situação se torna ainda mais preocupante quando somado à disponibilidade hídrica, reduzida de 2008 para 2020, e a taxa de reposição por recarga da bacia também limitada, indicando que o volume de água disponível para captação sustentável, superficial e subterrânea, encontra-se ameaçada (Engelbrecht *et al.* 2019).

Conclusão

A Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira apresentou maior predominância de áreas de Pastagem nos anos de 2008 e 2020, com uma redução de 9,14% entre 2008 e 2020. Apresentou também redução das áreas de Formação Florestal (1,33%) e de Rios, Lagos e Oceanos (26,58%) e aumento de Outras Áreas Não Vegetadas, Formação Savânica e Mosaico de Usos, somando 276,47%. A classe Área Urbana apresentou maior concentração na cidade de Itabuna, trecho que compreende o rio Cachoeira. As áreas urbanas corresponderam ainda a aumento de 31,97% quando comparadas com 2020. Os parâmetros com maior variabilidade temporal na bacia foram: coliformes termotolerantes, sólidos (STD, ST e SS), DBO e CE.

Todos os pontos de amostragem apresentaram parâmetros acima do VMP, constituindo-se um risco à saúde pública em caso de contato direto com a água sem um tratamento prévio, principalmente

na estação LES-RCH-700, no Rio Cachoeira. Os parâmetros com maiores percentuais de violações nas estações monitoradas foram PT e coliformes termotolerantes. Já o SS foi o parâmetro com maior número de tendências, sendo estas de elevação, ao longo dos 12 anos analisados, indicando perda de mata ciliar ao longo tempo. E caso essa tendência continue, a perda da biodiversidade na BHRC será alavancada, ameaçando até mesmo espécies endêmicas, principalmente sem um manejo adequado da bacia. Outros parâmetros com tendência foram clorofila-*a*, DBO e OD, coliformes termotolerantes, salinidade, T, NT e nitrato em diferentes estações de monitoramento.

Foi notável o efeito de atividades antrópicas impactando negativamente a qualidade da água. Tais impactos foram relacionados a atividades agrícolas, industriais, pastejo, a extensão de áreas urbanas, perda de áreas verdes e despejo irregular de efluentes. Dessa forma, torna-se necessário ações político-administrativas visando a implementação de instrumentos de fiscalização e de medidas mitigadoras da poluição, tais como: a implantação de sistemas de coleta e tratamento para 100% do esgoto gerado; zoneamento ambiental, com o incentivo de boas práticas de manejo na agropecuária; controle de áreas de preservação permanente; e o aumento de áreas verdes, como parques e jardins públicos nas áreas urbanas.

Ressalta-se ainda a importância de informações atualizadas pelos órgãos competentes quanto a classificação da água, conforme critérios estabelecidos na resolução CONAMA 357/2005. Uma vez que os resultados aqui obtidos mostraram que as águas da BHRC não se enquadram na Classe 2, tal como é classificada. E com isso, que sejam criadas medidas de fomento à difusão do conhecimento de dados da qualidade da água da bacia à sociedade civil, a qual se beneficia direta ou indiretamente dos serviços ecossistêmicos gerados por ela.

Agradecimentos

Nós agradecemos: ao INEMA pelo fornecimento dos dados oriundos da plataforma SEIA. Ao curso de Graduação em Engenharia Ambiental e da Sustentabilidade da UFSB, A professora Dr. Rita de Cascia Avelino Suassuna e ao professor Dr. Vinícius de Amorim Silva pela revisão. NRS agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade.

Participação dos autores: JRN - Curadoria de dados; Análise formal; Investigação; Metodologia; Recursos; Programas; Validação; Visualização; Escrita - rascunho original; Redação - revisão e edição; NRS - Conceituação; Análise formal; Investigação; Metodologia; Administração de projetos; Recursos; Programas; Supervisão; Validação; Visualização; Redação - revisão e edição.

Aprovação ética ou licenças de pesquisa: para o presente estudo não foi preciso aprovação e consentimento éticos.

Disponibilidade dos dados: o manuscrito teve como base dados disponibilizados pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA, no portal do Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos – SEIA (<http://monitoramento.seia.ba.gov.br/login.xhtml>)

Fomento: esta pesquisa não recebeu nenhum subsídio específico de agências de financiamento dos setores público, comercial ou sem fins lucrativos.

Conflito de Interesses: Esta pesquisa não apresenta conflito de interesses.

Referências

- ANA – Agência Nacional de Água. 2017. Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas. Brasília: ANA. Disponível em: <<http://snirh.gov.br/usos-da-agua/>>. Acesso em: 04 jan. 2022.
- ANA – Agência Nacional de Água. 2019. Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil. Brasília: ANA. Disponível em: <<http://snirh.gov.br/usos-da-agua/>>. Acesso em: 04 jan. 2022.
- Ata da Audiência Pública da Comissão de Meio Ambiente Seca e Recursos Hídricos da Assembleia Legislativa da Bahia - ALBA: Revitalização do Rio Cachoeira. Ilhéus-BA, 08 de out. de 2021.
- Bahia. 2017. Plano de Revitalização do Rio Cachoeira. Bahia: Secretaria do Meio Ambiente (SEMA). Disponível em: <http://www.meioambiente.ba.gov.br/arquivos/File/Projeto_Cachoeira/RF_Plano_Estrategico_de_Revitalizacao_da_Bacia_do_Rio_Cachoeira1.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2022.
- Barbosa EC, de Eça MAC, Portela FS, dos Santos TA, Silva RM, Amorim, AT. 2022. Análise físico-química e microbiológica da água de poços artesianos em condomínios no município de Vitória da Conquista-BA. Research, Society and Development 11(7): e47411730380-e47411730380. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i7.30380>
- Bifano RBA, Marcolin CR, Crepaldi MOS, Quinelato RV, Okumura ATR, da Silva AG, de Ferreira Bandeira MLS. 2020. Avaliação da Qualidade da Água em Microbacias Hidrográficas do Extremo Sul da Bahia, Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física 13(05):2447-2461.
- Brasil. Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília-DF: 1997.
- Brasil. Ministério da Saúde. Portaria n.º 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília-DF: 2011.
- Cadoná EA, Lourenzi CR, de Souza EL, Rampinelli EC, dos Santos ML, Sete PB, Soares CRFS. 2018. Contaminação por nitrogênio e fósforo de águas destinadas ao consumo humano em região com intensa atividade suinícola. Geosciences= Geociências, 37(4):883-891. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v37i4.12274>
- Calasans NAR, Levy MCT, Moreau MS. 2002. Interrelações entre clima e vazão. In: Schiavetti A; Camargo AF. Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações. Ilhéus-BA, Editus, 293p
- Cerqueira TC, Mendonça RL, Gomes RL, de Jesus RM, da Silva DML. 2020. Effects of urbanization on water quality in a watershed in northeastern Brazil. Environmental Monitoring and Assessment 192(65):1-17. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-8020-0>
- Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. BRASÍLIA-DF: MMA.
- Cunha AH, Tartler N, Santos RB, Fortuna JL. 2010. Análise microbiológica da água do rio Itanhém em Teixeira de Freitas-BA. Revista Biociências 16(2): 86-93.
- da Silva TA, Duarte ML, de Paula Coelho CM, Guandique MEG, Costa HS. 2022. Uso da terra e sua influência na qualidade da água em uma represa de abastecimento de água no município de Sorocaba-SP. Revista do Departamento de Geografia 42:e188984-e188984. DOI: <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2022.188984>
- de Freitas Andrade RM, Teixeira CA. 2020. Análise temporal da qualidade da água e informações geográficas na bacia hidrográfica do Rio Passaúna. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais 11(6): 315-331. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.006.0026>

De Paula FCF, Silva DML, Souza CM. 2012. Tipologias Hidroquímicas das Bacias Hidrográficas do Leste da Bahia. *Revista Virtual de Química* 4:365- 373.

Engelbrecht BZ, Gonçalves RD, Teramoto EH, Chang HK. 2019. Disponibilidade hídrica e balanço hídrico da Bacia do Rio Cachoeira na região de Itabuna/BA. *Geosciences = Geociências* 38(3):731-740. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v38i3.13806>

Estevam M, da Silva AW, da Silva FF. 2019. Análise física da água de entrada no sistema agroindustrial de curtume em Maringá-Paraná. *Ciência e Natura* e16-e16. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X36610>

Fábio FL, Silva Augusta M. 2020. Fish as indicators of environmental quality in a stretch of the Cachoeira river, Bahia, Brazil. *Intern. J. Zool. Invest*, 6(2):272-288. DOI: <https://doi.org/10.33745/ijzi.2020.v06i02.006>

Ferreira V, Boyero L, Calvo C, Correa F, Figueroa R, Gonçalves JF, Goyenola G, Graça MAS, Hepp LU, Kariuki S, López-Rodríguez A, Mazzeo N, M'Erimba C, Silvia M, Peil A, Pozo J, Rezende R, Teixeira-de-Mello F. 2019. A global assessment of the effects of eucalyptus plantations on stream ecosystem functioning. *Ecosystems*, 22, 629-642. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10021-018-0292-7>

Guerino RMG, Morais IL de, Santos AB da S, Campos RM. 2022. Expansion and socio-environmental impacts of the culture of *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae) in Brazil: a literature panorama. *Research, Society and Development*, 11(3), e48811326751, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i3.26751>

Grieco AA, Fregonesi BM, Tonani KADA, Silva T V, Celere BS, Trevilato TMB, ... Alves RIDS. 2017. Diagnóstico espacial e temporal de condições físico-químicas e microbiológicas do Córrego do Tanquinho, Ribeirão Preto, SP, Brasil. *Revista Ambiente & Água* 12:282-298. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1837>

Husson, F. et al. 2020. FactoMineR: Multivariate Exploratory Data Analysis and Data Mining. Disponível em: < <https://cran.r-project.org/web/packages/FactoMineR/index.html>>. Acesso em: 04 jan. 2022.

Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos – INEMA. 2021. Manual do Usuário - Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos. Salvador: INEMA.

Kassambara A, Mundt F. 2020. Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. R Package Version 1.0.7. Disponível em: < <https://CRAN.Rproject.org/package=factoextra>>. Acesso em: 04 jan. 2022.

Kendall MG. 1975. Rank Correlation Measures. Ed. London: Charles Griffin.

Kilic Z. 2021. Water Pollution: Causes, Negative Effects and Prevention Methods. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 3(2):129-132. DOI: <https://doi.org/10.47769/izufbed.862679>

Lopes OF, de Jesus RM, de Sousa LF, Rocha FA, da Silva DML, Amorim AF, Silva VHC, Navoni, JA. 2021. Comparison between water quality indices in watersheds of the Southern Bahia (Brazil) with different land use. *Environmental Science and Pollution Research* 28:12944-12959. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10941-7>

Lopes OF, Rocha FA, de Sousa LF, da Silva DML, Amorim AF, Gomes RL, Silva-Junior ALS, de Jesus RM. 2019. Influence of land use on trophic state indexes in northeast Brazilian river basins. *Environmental monitoring and assessment* 191(77):1-14. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7188-7>

Lúcio MZTPQL. 2010. Biogeoquímica do rio Cachoeira (Bahia, Brasil). Ilhéus - BA: UESC.

Mann HB. 1945. Non-parametric tests against trend. *Econometrica* 13:245-259.

Marcolin MOSC, Quinelato RV, Okumura ATR, da Silva AG, de Ferreira Bandeira MLS. 2020. Avaliação da Qualidade da Água em Microbacias Hidrográficas do Extremo Sul da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 13(05):24447-2461. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.5.p2447-2461>

Martins MV, Kapusta SC. 2022. Variação espaço-temporal e nictemeral dos parâmetros limnológicos no Delta do Jacuí, Lago Guaíba, RS, Brasil. *Ciencia e natura* 44:e31. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X63821>

- Meneghelli C, Monaco PAVL, Correa JM, Birchler R, Loss JB. 2016. Qualidade da água do rio Santa Maria do Doces para fins de irrigação. *Enciclopédia Biosfera* 13(24). DOI: https://doi.org/10.18677/EnciBio_2016B_083
- Metzger JP. 2003. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In: Kageyama PY, Oliveira RE, Moraes LFD, Engel VL, Gandara FB. Ed. *Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais* Botucatu: FEPAF, 9-76.
- Montagner CC, Vidal C, Acayaba RD. 2017. Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. *Química Nova* 40: 1094-1110. DOI: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170091>
- Moraes LRS, Álvares MLP, Santos FP, Costa N. 2012. Saneamento e Qualidade das Águas dos Rios em Salvador, 2007- 2009. *Revista Interdisciplinar de Gestão Social* 1(1):47-60. DOI: <http://dx.doi.org/10.9771/23172428rigs.v1i1.12067>
- Paula FCF, da Silva DML, Souza CM. 2012. Tipologias hidroquímicas das bacias hidrográficas do Leste da Bahia. *Revista Virtual de Química* 4(4): 365-373. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/1984-6835.20120028>
- Pessoa JO, Orrico SRM, Lordêlo MS. 2018. Qualidade da água de rios em cidades do Estado da Bahia. *Engenharia Sanitaria e Ambiental* 23(4):687-696. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018166513>
- Poersch ACC, Sebastien NY, Taborda J, Neto JC, Caovilla MM, da Fonseca CAA Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e possíveis fatores de influência nos processos em águas superficiais do Rio São Francisco Verdadeiro–Paraná. 2019. *Acta Iguazu* 8(5):45-51. DOI: <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v8i5.23790>
- Póvoas LV, de Oliveira Leão J, da Silva JMS, Mariano APM, de Carvalho LR, Campos Filho PC. 2020. Avaliação físicoquímica e microbiológica da qualidade da água do rio Cachoeira, Bahia, BR. *Brazilian Journal of Development* 6(8):61258-61269. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-516>
- Prado JRS, de Figueiredo DM, de Carvalho Dores EFG, Hongyu K, Delfino AJG, Rodrigues, DVB. 2021. Variação da qualidade da água em relação à sazonalidade e ao uso da terra no sul da região amazônica. *Caderno Prudentino de Geografia* 2(43):159-184.
- R Core Team. 2021. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Sampaio SC, Silvestro MG, Frigo EP, Borges CM. 2007. Relação entre série de sólidos e condutividade elétrica em diferentes águas residuárias. *IRRIGA [S. l.]* 12(4):569–574. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2007v12n4p569-574>
- Santos GD, Santos JLO, Leite OD. 2019. Variação espaço-temporal da qualidade da água nos canais de irrigação do Projeto Formoso em Bom Jesus da Lapa – Bahia. *Revista de Gestão de Água da América Latina* 16:e3. DOI:<https://dx.doi.org/10.21168/reg.a.v16e3>
- Schiavetti A, Schilling AC Oliveira HT. 2005. Caracterização socioambiental da bacia hidrográfica do Rio Cachoeira, sul da Bahia, Brasil. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. *Conceito de bacias hidrográficas: teorias e aplicações*. Ed. Ilhéus-BA: Editus, p.289.
- Teles RR, Santos JC, Pinheiro ECNM. 2022. A importância da preservação de matas ciliares: The importance of preserving riparian forests. *Brazilian Journal of Development* 8(11):75348-75360. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n11-309>
- Teramoto EH, Chang HK. 2020. Avaliação de processos naturais de salinização de águas subterrâneas na porção leste da bacia do rio Cachoeira, Bahia. *Revista do Instituto Geológico (Descontinuada)* 41(2):15-32. DOI: <https://doi.org/10.33958/revig.v41i2.680>
- Thomaz D, Centeno LN, Tolentino Ceconello, S. 2023. Avaliação espaço-temporal da qualidade da água do Rio Comandaí, através do Índice de Qualidade da Água. *Revista Thema*, 22(1):79–103, 2023. DOI: <https://doi.org/10.15536/thema.V22.2023.79-103.3068>

Trindade ALC, Almeida KCDB, Barbosa PE, Oliveira SMAC. 2017. Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. Engenharia Sanitária e Ambiental 22(1)13-24. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016131457>

Veras ACM. 2020. Análise da contaminação por metais pesados na água e em sedimentos na bacia hidrográfica do rio Doce / Ana Carla Martins Veras. Ed. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE.

Wang T, Sun Y, Wang T, Wang Z, Hu S, Gao S. 2023. Dynamic spatiotemporal change of net anthropogenic phosphorus inputs and its response of water quality in the Liao river basin. Chemosphere, 331, 138757. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138757>



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

Perception, preference and hunting strategies of mammals in a rural community in the semi-arid region of Northeastern Brazil

Iardley Cicero Gomes Varjão^{1, 2*} , Patrícia Avello Nicola^{1, 2} , Felipe Silva Ferreira^{1, 3}  Ernani Machado de Freitas Lins Neto^{1, 3} 

1 Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde e Biológicas, Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Sede, Petrolina – PE, 56304-917, Brazil.

2 Centro de Conservação e Manejo de Fauna da Caatinga, CEMAFUNA, – Universidade Federal do Vale do São Francisco UNIVASF, Campus Ciências Agrárias, Petrolina – PE, 56300-000, Brazil.

3 Núcleo de Estudos de Conservação da Caatinga (NECC)/Campus Senhor do Bonfim-BA, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Senhor do Bonfim, BA, 48970-000, Brazil.

*Corresponding author. Email address: iardleyvarjao@hotmail.com

Recebido em 31 de julho de 2023.

Aceito em 28 de agosto de 2023.

Publicado em 31 de agosto de 2023.

Summary - The goal of this study was to characterize the hunting of mammals in a rural community in the Northeast of Brazil affected by the largest hydro project in the country. We used semi-structured questionnaires, free lists and visual stimuli to estimate the perceived abundance of species, which are prioritized for hunting, selection criteria and methods used in collection. 23 species were perceived as occurring in the region, which have potential for hunting. Of these, nine were prioritized for hunting *Conepatus semistriatus*, *Euphractus sexcinctus* and *Dasyurus novemcinctus* species with greater cultural prominence. The averages of perceived abundance of the species ranged from 1.1 a 3,8. Meat flavor was the main prioritization criterion at the time of hunting. Nine methods are used in hunting, which can be combined between, as well as used in more than one species. The recent scenario of environmental modification with the creation of perennial water sources may be promoting changes in the local hunting pattern. However, new research must be carried out to understand how the permanent availability of water will contribute to changes in socioecological systems in the Brazilian semi-arid region.

Keywords: Ethnomastozoology. Cinegetic species. Hunting.

Percepção, preferência e estratégias de caça de mamíferos em uma comunidade rural do semiárido do Nordeste do Brasil

Resumo – O objetivo deste estudo foi caracterizar a caça de mamíferos em uma comunidade rural do Nordeste do Brasil afetada pelo maior empreendimento hídrico do país. Usamos questionários semiestruturados, listas livres e estímulos visuais para estimar a abundância percebida das espécies,

quais são priorizadas para caça, os critérios de escolha e métodos empregadas na coleta. 23 espécies foram percebidas como ocorrentes na região, as quais apresentam potencial para caça. Destas, nove foram priorizadas para caça, sendo *Conepatus semistriatus*, *Euphractus sexcinctus* e *Dasypus novemcinctus* as espécies com maior destaque culturalmente. As médias de abundância percebida das espécies variaram 1,1 a 3,8. O sabor da carne foi o principal critério de priorização no momento da caça. Nove métodos são empregados na caça, podendo ser combinados, bem como usados em mais de uma espécie. O cenário recente de modificação do ambiente com a criação de fontes de água perene pode estar promovendo mudanças no padrão de caça local. Contudo, novas pesquisas devem ser realizadas para entender como a disponibilidade permanente de água contribuirá para modificações dos sistemas socioecológicos no semiárido do nordestino.

Palavras-chave: Etnomastozoologia. Espécies cinegéticas. Caça.

Percepción, preferencia y estrategias de caza de mamíferos en una comunidad rural en la región semiárida del noreste de Brasil

Resumen - El objetivo de este estudio fue caracterizar la caza de mamíferos en una comunidad rural del Nordeste de Brasil, operada por el mayor proyecto hídrico del país. Utilizamos listas libres semiestructuradas y estímulos visuales para estimar la abundancia percibida de las especies, las cuales son prioritarias para la caza, los criterios de selección y los métodos utilizados en la recolección. Se percibieron 23 especies presentes en la región, que tienen potencial para la caza. De estos, nueve fueron priorizados para la caza, siendo *Conepatus semistriatus*, *Euphractus sexcinctus* y *Dasypus novemcinctus* las especies culturalmente más destacadas. La abundancia media recibida de la especie osciló entre 1,1 y 3,8. El sabor de la carne fue el principal apoyo de priorización a la hora de cazar. Se emplean nueve métodos en la caza, lo que permite combinarlos y usarlos en más de una especie. El escenario reciente de cambio ambiental con la creación de fuentes de agua perennes puede estar promoviendo cambios en el patrón de caza local. Sin embargo, se deben realizar más investigaciones para comprender cómo la disponibilidad permanente de agua contribuirá a cambios en los sistemas socioecológicos en la región semiárida del Nordeste.

Palabras clave: Etnomastozoología. Especies cinegéticas. Caza.

Introduction

Animal hunting is still a practice reproduced by several human populations around the world (Hanazaki et al. 2009; Morales 2000; Lechuga 2001; Alves, 2012; Alves and Souto, 2015). Among the various motivations, the purpose of hunting for food represents the main demand for faunal resources. Among these, the group of mammals are one of the main targets of human attention (Nasi et al. 2008; Alves and Souto, 2015; Mendonça et al. 2015; Barboza et al. 2016).

Brazil has one of the greatest diversities of mammal species in the world (Burgin *et al.* 2018). Data from the Brazilian Society of Mastozoology indicate that at least 755 species of mammals occur in Brazilian territory (Abreu *et al.* 2022). Associated with this diversity of species, rural and traditional communities in Brazil have developed a vast knowledge about these animals, which is reflected in different practices and interactions (Alves 2012). Among the Brazilian biomes, in the Caatinga there are about 40 species of mammals, which are used by humans for food, medicinal, magical / religious and “pet” purposes (Alves *et al.* 2016).

The preference for hunting mammals in the Caatinga, especially for food, seems to follow patterns based on ecological and evolutionary models. Considering that most of the specimens shot in this group are medium to large animals (Cullen *et al.* 2000; Alves 2012; Alves and Souto 2015), the choice of these guarantees the hunter an interesting balance in the energetic cost-benefit ratio involved in the obtaining the resource. This selection behavior, based on the optimal foraging theory proposed by Marcarthur and Pianka (1996), is widely tested in ethnobiology studies (Ladio and Lozada, 2000; Albuquerque *et al.* 2008, Soldati and Albuquerque 2011; Alves *et al.* 2017). However, hunting is a complex, multifactorial phenomenon and, therefore, studies that address cultural and ecological aspects allow for greater understanding of the mechanisms that modulate the relationship between humans and animals (Santoro *et al.* 2018; Albuquerque *et al.* 2019), as well as understanding the dynamics of hunting and, therefore, greatly assisting in the conservation of biodiversity (Melo *et al.* 2014).

As the relationships between humans and mammals within a socioecological system are influenced by cultural aspects, this interrelationship can cause impacts (Albrechtsen *et al.* 2007), but can also provide protection mechanisms for the species involved (Albuquerque *et al.* 2019). Thus, characterizing how human populations identify mammalian species, as well, as how they interrelate, may encourage conservation studies of the local mammalian fauna.

In view of this, the present research was developed with the objective of characterizing the local hunting practices in a community surrounding the project for the Integration of the São Francisco River with hydrographic basins in the Northeast, popularly known as the Transposition of the São Francisco River., highlighting i) listing the species of greatest cultural importance; ii) the motivating criteria for hunting and iii) mammal collection strategies.

Material and methods

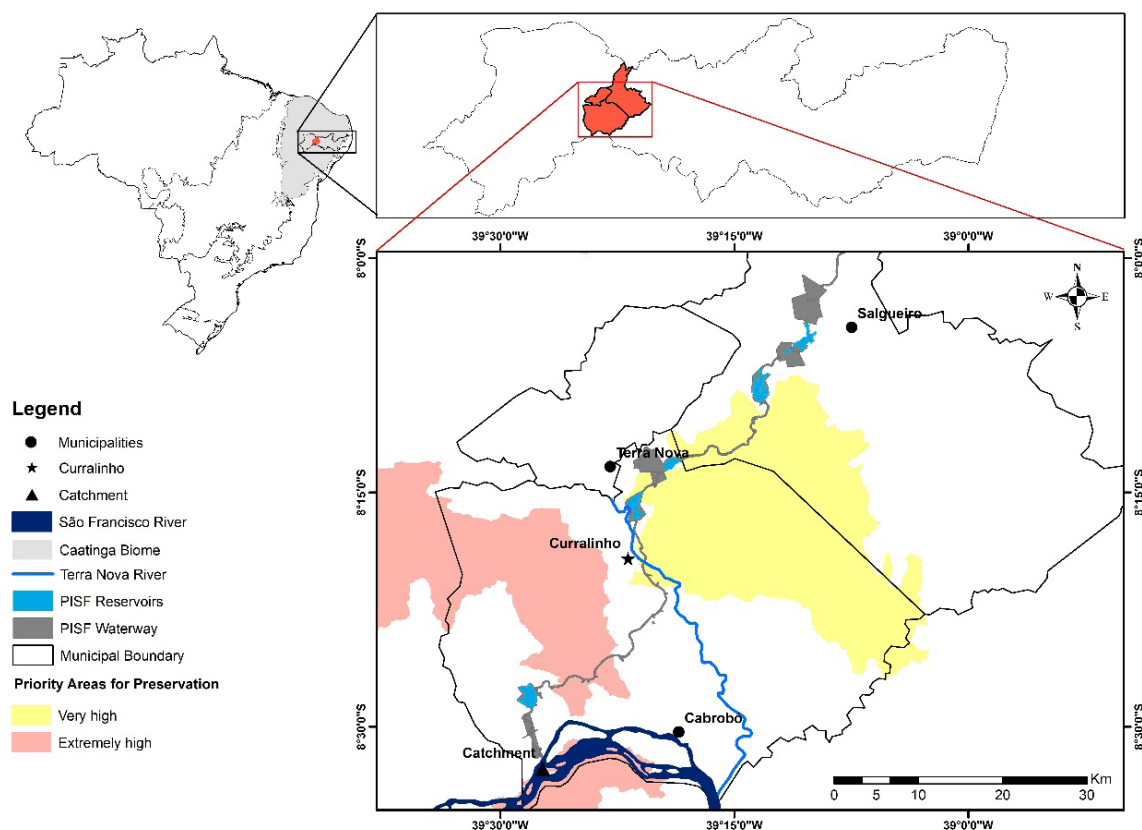
Study area

The study was carried out in the rural community of Curralinho, municipality of Cabrobó in the state of Pernambuco, northeastern Brazil. This city is located in the mesoregion of São Francisco Pernambucano, microregion of Petrolina and in the development region of Sertão do São Francisco (BDE, 2006). The headquarters is located about 536 km from Recife, the state capital. Its territorial area occupies 1,657.706 km², with the municipality of Terra Nova, to the north; the state of Bahia, to the south; Orocó and Parnamirim, to the west; and, Salgueiro and Belém do São Francisco, to the east (Pernambuco, 2006; Brasil, 2018).

From an ecogeographical point of view, the municipality of Cabrobó is located in the border region between the central Sertão and São Francisco de Pernambuco, in the middle of the ecoregion called the southern Sertaneja depression, in the Caatinga, considered as a priority area for conservation of the biome in the high and very high categories (Velloso *et al.*, 2002; Silva *et al.* 2017, Brasil 2018).

Currálinho is located about 30 kilometers from the municipal seat. This area is on the border with the cities of Salgueiro and Terra Nova (Figure 01). Data from the health department provided by community agents show that Currálinho is currently subdivided into six farms, housing a total of 79 families and 239 residents.

Figure 01. Localization of the community of Currálinho, highlighting its localization in the triple border among the municipalities of Cabrobó, Terra Nova, and Salgueiro, in the State of Pernambuco. The map details the Caatinga biome, the priority areas for its preservation, the São Francisco river, and its affluent, the Terra Nova river, and the components of the Integration Project of the São Francisco river (PISF).



Source: Leandro Oliveira.

The productive systems developed by this population have gone through intense processes in the last 20 years. Excessive droughts and frequent crop losses at the beginning of the current decade (mid-2010-2011) caused rice production to cease in this location, the herds of cattle that survived were sold and onion production declined sharply. In the same period, with the interiorization of major works on the national scene, this location was impacted by the project to integrate the São Francisco River with the northeastern hydrographic basins (PISF), generating important changes in different aspects of the community.

Among the route that makes up the North Axis of the project, Currálinho is the first social group of greater proportion to be touched by the work, causing many local residents to be resettled in rural productive villages or to move to areas not directly affected by the implementation of the enterprise.

Legal aspects and access to local knowledge

In order to access local knowledge about mammals in the region and the relationships that the community develops with them, the present study was submitted and approved by the ethics committee for research with human beings (CEP) of the Federal University of Vale do São Francisco (UNIVASF) (CAAE: 81373517.4.0000.5196).

After approval by the CEP, partnerships were signed with local representatives, the first contact being made via the Cabrobó rural workers' union. On the first visit to the community, the representative of the local union gathered some of the associates to participate in a meeting, in which the objectives, risks and benefits of the research were exposed and clarified. Partnerships were also established with community health agents and teachers from the municipal school present in the locality.

Due to the whole scenario of tensions, that surrounds the study area, as well as the illegal character of the hunting activity, the participants' adherence was carried out gradually, with the research objectives explained again and the TCLE (Term of Free and Informed Consent) individually signed. The study took place between May 2017 and February 2019.

Selection of participants

The selection of participants was based on an intentional non-random sampling (Albuquerque *et al.* 2010), aimed at "local specialists", who are considered by the community as the people who hold information about mammals in the region. The identification of "local specialists" was carried out using the "Snowball" technique (Albuquerque *et al.* 2010), with the aim of covering all experts on the local mastofauna. It should be noted that people who had lived in the community for at least a decade were selected. In total, 45 people were interviewed, male, aged between 18 and 87 years. This number represents 38.5% of the adult male population residing in Currealinho.

Ethnobiological data collection

Data collection was based on four stages that occurred simultaneously, aiming to survey all the variables that were the object of this research. An a priori test was performed to select photographic material, with all steps described below.

Collection of data on mammalian species

Data collection related to hunted species, prioritization and selection of hunting sites was done using the free list method. For the list of species, the participant indicated the most hunted and then ordered each taxon according to capture priority (Mello, 1996; Huntington, 2000; Albuquerque *et al.*, 2014). Additionally, they were asked about hunting methodologies, for which each informant indicated the methodology (ies) used to capture a given species.

Perception data collection of local mastofauna

Perception data were collected based on the work developed by Silva-Neto *et al.* (2016), using a combination of visual stimulus methods (checklist/interview and abundance perception diagram) (Medeiros *et al.* 2010; Albuquerque *et al.* 2014; Silva-Neto *et al.* 2016). Based on the list of species

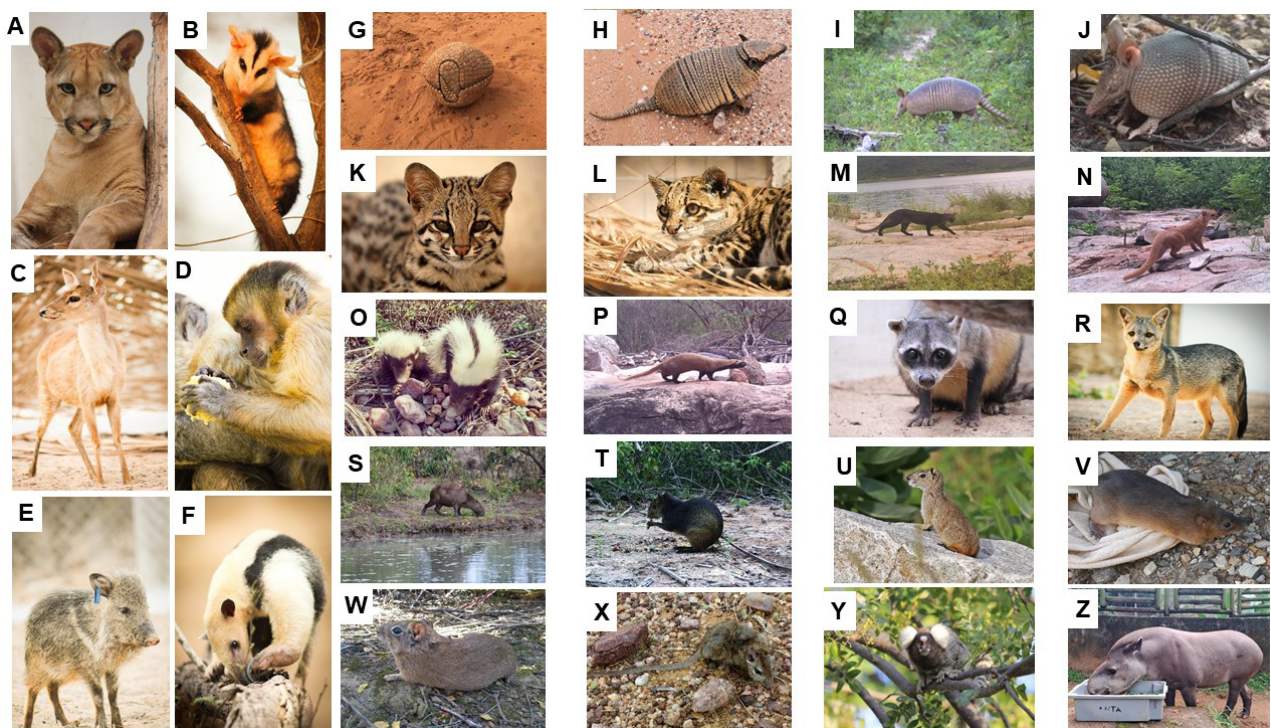
from the bibliographical survey and testimonial material previously carried out, good quality photos (resolution greater than 600 megapixels) were selected of each taxon occurring in the region.

A priori, in order to test whether the previously selected photos would be suitable for applying the method in the field, they were presented to a triple list of specialists external to the studied community. These specialists, who are native to the region, are knowledgeable about the caatinga fauna and act as assistants in the PISF fauna monitoring activities. The photos were stored on a tablet with a seven-inch screen that adjusted the positioning of the image according to the rotation of the device (automatic rotation system), allowing the photograph to occupy the entire space of the display.

With adjustments obtained with the application of this a priori test, small rodents such as cricetids and marsupials were excluded from the sample, as it was identified that at the time of exposure of the photos, the species of this group generated perception biases (different species were seen as a single species), even if new photos were selected for these animals. This fact is due to the bodily similarity of these animals, and their identification based on external characters is difficult even for technicians trained in the area.

Still, the species *Herpailurus yagouaroundi* (Jaguarundi, eyra cat) because it has two basic phenotypic coat patterns (reddish or grayish, with variants on this scale; Silva, et al. 2016) was recognized by the triple list as two distinct “ethnotaxonomic” entities. Therefore, a photo was used for each color pattern. In addition, photos of a species that does not occur in the region (Tapir – *Tapirus terrestris* Linnaeus, 1758) and another one supposedly extinct from the place (Brazilian three-banded armadillo - *Tolypeutes tricinctus*, 1758) were used in the visual stimulus to test the reliability of the information provided by the interviewees. In total, for the application of the perception method in the field, 26 photographs of 25 species of mammals were used, unanimously approved by the triple list of field assistants (Figure 02).

Figure 02. Photographs of mammal species used in the checklist/interview in the community Currelino, municipality of Cabrobó, Pernambuco, Northeastern Brazil: A – *Puma concolor* (Puma); B – *Didelphis albiventris* (White-eared opossum); C – *Subulo gouazoubira* (Brazilian brocket); D – *Sapajus libidinosus* (Capuchin monkey); E – *Dicotyles tajacu* (Collared peccary, musk hog); F – *Tamandua tetradactyla* (Southern tamandua); G – *Tolypeutes tricinctus* (Brazilian three-banded armadillo); H – *Euphractus sexcinctus* (Six-banded armadillo); I – *Dasyus novemcinctus* (Nine-banded armadillo); J – *Dasyus septemcinctus* (Seven-banded armadillo); K – *Leopardus tigrinus* (Oncilla), L – *Leopardus pardalis* (Ocelot); M – *Herpailurus yagouaroundi* – “blue variation” (Jaguarundi); N – *Herpailurus yagouaroundi* – “red variation” (Jaguarundi), O – *Conepatus semistriatus* (Striped hog-nosed skunk); P – *Galictis cuja* (Greater grison); Q – *Procyon cancrivorus* (Crab-eating raccoon); R – *Cerdocyon thous* (Common fox); S – *Hydrochoerus hydrochaeris* (Capybara); T – *Dasyprocta prymnolopha* (Black-rumped agouti); U – *Kerodon rupestris* (Rock cavy, moco); V – *Holochilus oxe* (Marsh rat); W – *Galea spixii* (Spix’s yellow-toothed cavy); X – *Thrichomys laurentius* (Common punare); Y – *Callithrix jacchus* (Common marmoset, white-tuftedear); Z – *Tapirus terrestres* (Tapir).

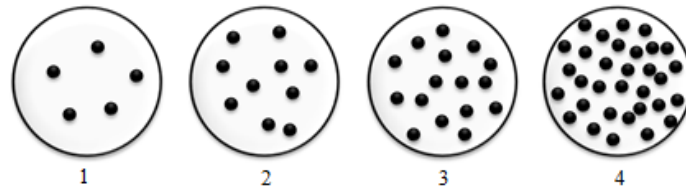


Sources: A, B, C, D, E, F, K, L, O, P, V – Collection CEMAFUNA; Z – Rodrigo C. Oliveira; G, I, T – Ellen Cândida Ataíde Gomes; H, J, M, N, S, U, W, X, Y – Iardley Cicero Gomes Varjão.

In the field, the tablet containing the photographs was given to the informant who could handle it, resulting in greater involvement with the research. In addition, this tool made it possible to enlarge the image at specific points or structures, increasing the recognition success and accuracy of the collected information.

Concomitantly with each species that was presented in the photographs, the participants estimated the abundance according to their own perception, through a visual stimulus, applying the technique developed by Silva-Neto et al. (2016). On a printed sheet of “A4” paper, an image was presented containing different amounts of points inside four circles, with each circle representing values ranging from 1 to 4, according to the following description: (1) a small abundance, (2) a low intermediate abundance, (3) a high intermediate abundance, and (4) a high abundance (Figure 03)

Figure 03. 1 Visual stimulus presented to the informants to assess their perceptions regarding the abundance of the mammal species with cynegetic importance in the community of Curralinho, municipality of Cabrobó, Pernambuco, Brazil. (1 low abundance, 2 low to intermediate abundance, 3 intermediate to high abundance, 4 high abundance)



Data analysis

Using data obtained through visual stimulation on the abundance of mammalian species, the average perceived abundance of each recognized taxon was calculated. For this, the values of perceived abundance indicated for each species per informant were added and the number of informants that recognized a particular species (SILVA, et al. 2016) divided this value.

The cultural importance of hunted animals was analyzed based on the salience index (SI), which considered the citation frequency and the average position of the items in the obtained lists (Smith 1997). The protocol proposed by Chaves et al (2019) was used, from which it was possible to verify the significantly more salient animals. Thus, these were divided into three groups, the first being formed by animals that obtained salience values significantly high and distinct from the null scenario; then those whose observed values did not differ from the null model and, finally, the animals with the lowest saliency values, which differed significantly from the null model. These analyzes were performed using the R software version 3.6.1 (R Core Team 2020).

To assess the conservation status of the species, the Official National List of Fauna Species Threatened with Extinction, published by the Ministry of the Environment through Ordinance No. 300/2022 (BRASIL 2022), was considered, as well as the Red List of Threatened Species, prepared by the International Union for Conservation of Nature (IUCN 2022).

Results

The data resulting from the visual stimulus revealed that almost all 25 species, except the control *Tapirus terrestres* is a *Tolypeutes tricinctus*, were perceived as occurring in the area and flagged as locally hunted species. With regard to perceived abundance, the recognized taxa showed means of perceived abundance ranging from 1.1 to 3.8; with the highest average attributed to the primate *Callithrix jacchus* and the smallest to the feline *Leopardus pardalis* and the rodent *Holochilus oxe*. Of the 23 assessed taxa, 9 were indicated as preferentially hunted for food purposes, being *Conepatus semistriatus*, *Euphractus sexcinctus* and *Dasyurus novemcinctus* the most prominent species according to the cultural salience index (see Table 1).

On the conservation status of species from the IUCN list, *Leopardus tigrinus* e as VU (vulnerable) *Sapajus libidinosus* as NT (Near Threatened), *Holochilus oxe* as NE (Not Evaluated) and *Thrichomys laurentius* is data deficient (DD). Yet, *Subulo gouazoubira* e *Tamandua tetradactyla* were identified with their populations in decline by international criteria. By national assessment, *Kerodon rupestris*, *Herpailurus yagouaroundi* and *Puma concolor* were considered VU (vulnerable) and *Leopardus tigrinus* as endangered (EN) (Table 01).

Tabela 01. Mastofauna recognized by informants from the community of Curalinho, Cabrobó, Pernambuco, Brazil, with information on species and common names, perceived abundance, salience and conservation status. Legend: Conservation status of the species: EN - Endangered; VU - Vulnerable; LC – Least concern, NE - Not Evaluated.

Order	Family	Scientific name	Common name	Average of perceived abundance (standard deviation)	Salience of the most-hunted species	IUCN, 2022	BRASIL 2022
Didelphimorphia	Didelphidae	<i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	White-eared opossum	2,09 (\pm 1,09)	-	LC	LC
		<i>Dasypus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	Nine-banded armadillo	1,7 (\pm 0,83)	0,63	LC	LC
Cingulata	Dasypodidae	<i>Dasypus septemcinctus</i> Linnaeus, 1758	Seven-banded armadillo	1,6 (\pm 0,81)	-	LC	LC
		<i>Euphractus sexcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	Six-banded armadillo	2,3 (\pm 0,97)	0,79	LC	LC
Pilosa	Myrmecophagidae	<i>Tamandua tetradactyla</i> (Linnaeus, 1758)	Southern tamandua	2 (\pm 0,82)	0,41	LC	LC
Primates	Callitrichidae	<i>Callithrix jacchus</i> (Linnaeus, 1758)	Common marmoset, white-tufted marmoset	3,8 (\pm 0,48)	-	LC	LC
	Cebidae	<i>Sapajus libidinosus</i> (Spix, 1823)	Capuchin monkey	1,8 (\pm 1,17)	-	NT	LC
	Cricetidae	<i>Holochilus oxe</i> Prado, Knowles and Percequillo, 2021	Marsh rat, cane rat	1,1 (\pm 1,11)	-	NE	LC
Rodentia	Caviidae	<i>Galea spixii</i> (Wagler, 1831)	Spix's yellow-toothed cavy	2,6 (\pm 1,07)	0,04	LC	LC
		<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766)	Capybara	1,4 (\pm 0,84)	-	LC	LC
	Dasyproctidae	<i>Kerodon rupestris</i> (Wied-Neuwied, 1820)	Rock cavy, moco	2,8 (\pm 1,05)	0,19	LC	LC
		<i>Dasyprocta prymnolopha</i> Wagler, 1831	Black-rumped agouti	1,5 (\pm 1,04)	0,03	LC	LC
Echimyidae	<i>Thrichomys laurentius</i> Thomas, 1904	Common punare	2,4 (\pm 1,15)	-	DD	LC	

Order	Family	Scientific name	Common name	Average of perceived abundance (standard deviation)	Salience of the most-hunted species	Conservation status	
						IUCN, 2022	BRASIL 2022
Carnivora	Felidae	<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	Ocelot, dwarf leopard	1,1 (±0,43)	-	LC	LC
		<i>Leopardus tigrinus</i> (Schreber, 1775)	Oncilla, little spotted cat, tigrillo	1,6 (±1,13)	-	VU	EN
		<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)	Cougar, Puma	1,7 (±0,74)	-	LC	VU
		<i>Herpailurus yagouaroundi</i> (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1803) – red variation	Jaguarundi, eyra cat	1,9 (±1,03)	-	LC	VU
		<i>Herpailurus yagouaroundi</i> (É. Geoffroy Saint-Hilaire) –blue variation	Jaguarundi, eyra cat	1,3 (±0,80)	-	LC	VU
	Canidae	<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	Common fox, crab-eating fox, forest fox, wood fox “	3,3 (±0,83)	-	LC	LC
	Mustelidae	<i>Galictis cuja</i> (Molina, 1782)	Greater grison	1,5 (±1,07)	-	LC	LC
	Mephitidae	<i>Conepatus semistriatus</i> (Boddaert, 1785)	Striped hog-nosed skunk	2,3 (±0,94)	0,84	LC	LC
	Procyonidae	<i>Procyon cancrivorus</i> Cuvier, 1798	Crab-eating raccoon	2,7 (±1,11)	-	LC	LC
	Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Dicotyles tajacu</i> (Linnaeus, 1758)	Collared peccary, musk hog,	1,9 (±1,12)	0,07	LC
Cervidae		<i>Subolo gouazoubira</i> (Fischer 1814)	Brazilian brocket	2,2 (±0,95)	0,30	LC	LC

Among the main criteria used to determine which species are most hunted, meat flavor is the most recurrent (n = 38), followed by ease of collection (n = 29) and local abundance (n = 27) (Table 02).

Table 03. Main selection criteria used to choose faunal resources by hunters from the community of Curralinho, Cabrobó, Pernambuco, Brazil

Utilization criterion	Number of citations	Percentage of citation (%)
Meat flavor	38	84%
Ease of collection	29	64%
Local abundance	27	60%
Versatility of use	16	36%
Pleasure at hunting	14	31%

According to the informants, the main hunting methods were hunting with dogs, hunting traps “Fôjo”, armadillo cages, grid traps, food bait, water bait, shotgun and sling-shots “baladeira” (Table 3).

Table 3. Main hunting methods, target species of each method and number of citations of use for collecting mammals prioritized by informants from the community of Curralinho, Pernambuco - Brazil. Combined methods can be used to hunt a given species, exceeding the number of informants (n = 45).

Species	Main hunting methods.							
	Hunting with dogs	Hunting traps “Fôjo”	Armadillo cages “Tatuzeiras”	Grid traps	Food bait	Water bait	Shotgun	Sling-shots “Baladeira”
<i>Conepatus semistriatus</i>	45						1	
<i>Dasypus novemcinctus</i>	44		11					
<i>Dasyprocta prymnolopha</i>	1				3		3	
<i>Euphractus sexcinctus</i>	44		11				2	
<i>Galea spixii</i>		8					5	6
<i>Kerodon rupestris</i>	22			3	2	1	20	21
<i>Subulo gouazoubira</i>	3				14	13	29	
<i>Dicotyles tajacu</i>	6				1	1	8	
<i>Tamandua tetradactyla</i>	42						1	

Discussion

According to the results obtained here *Callithrix jacchus* was cited as the most abundant species by informants, while *Leopardus pardalis* it is *Holochilus oxe* species with less abundance. The informants’ perception of the abundance of these species is in line with what the literature indicates about the populations of these animals in areas of the Caatinga (Feijó and Langguth, 2013; Mendonça et al. 2015; Penido et al. 2016; Chaves et al. 2020; Malukiewicz et al. 2020; Prado et al. 2021). This statement is reinforced by the fact that none of the informants reported the occurrence of the control species, *Tapirus terrestres* and *Tolypeutes tricinctus*, in the region.

The tapir (*Tapirus terrestres*) is considered regionally extinct in the Caatinga, with historical records (four decades ago) associated with the northern region of Bahia in more humid portions of the biome,

such as Boqueirão da Onça and Chapada diamantina (Médici et al. 2012). The three-banded armadillo (*Tolypeutes tricinctus*) has historically suffered from high hunting pressure, destruction and alteration of its habitat, which makes its recent records less and less frequent. The lack of recent records suggests that the species may now be locally extinct in a large proportion of its original geographic range (Feijo et al. 2015). Older informants from Currálinho (more than fifty years old) report that this species was once quite common in the area, but that around 30 years ago it was no longer found. This fact demonstrates a time compatible with the record of the species collected by Feijó et al. (2015) for the municipality of Cabrobó (carried out in 1991). Currently the species is classified as endangered by national assessments (BRASIL, 2022) and as vulnerable in the IUCN assessment (2022).

The species *C. jacchus*, perceived as the most abundant, is adapted to urban and rural environments in Brazil and abundant in both types of environments, presenting a set of ecological and evolutionary adaptations that guarantee its successful occupation in semi-arid environments (Abreu et al. 2016; Schiel and Souto 2017; Malukiewicz et al. 2020). Possibly, in addition to the characteristics already mentioned, the habit of living in flocks, relative docility and tolerance to human presence also contribute to the high data of perceived abundance and its use as a pet. Brazilian legislation prohibits the creation of wild animals in captivity, but the presence of *C. jacchus* in homes in the northeastern semi-arid region, it is very common.

On the other hand, *L. pardalis*, it has low density in Caatinga environments, being associated with environments in more forested areas or dependent on more intact vegetation (Alves et al 2016; Penido et al. 2016). Its occurrence is negatively influenced by human presence (Dias et al. 2019), which combined with its nocturnal habits imply less possibility of contact between informants and the species, reflecting its low perceived abundance. In northeastern Brazil, this species has many conflicts with breeders of domestic animals. Studies indicate that *L. pardalis* is the target of many hunters for preying on animals such as goats and chickens, causing damage to the breeders of these animals (Dias et al. 2019). Thus, conflict relations and landscape alteration can directly contribute to the reduction of the population of these animals in northeastern Brazil.

The present study represents the first record of the hunting of *Holochilus oxe* in the northeast of Brazil. Although not currently cited as hunted, informants reported that this species was a pest in the rice plantations that existed in that locality, being slaughtered for control and usually used for food. The low perceived abundance of this species may be associated with the interruption of rhizoculture in Currálinho, which may have led to the loss of contact with the species and/or its decline. It is worth noting that *H. oxe* is a newly described semiaquatic species, previously identified as other species of the genus. The new taxon inhabits the northeastern region of Brazil and differs from other congeners by a unique combination of phenotypic and genomic characters (Prado et al. 2021).

Data show that informants effectively hunt fewer species than they actually recognize. Of the 23 locally recognized species, only nine are prioritized in hunting activities. We can list some scenarios that explain the reduction in demand for certain animals. The first scenario is due to the illegal nature of hunting. Possibly, the low number of prioritized species is the fact that this activity is illegal (Law 5,197 of 1967). Ferreira et al (2012) pointed out that informants recognize that they practice an illegal activity and avoid listing the actual numbers of hunted species.

Recent studies show that mammals represent one of the main hunted taxonomic groups, but that due to the local extinction of many large species, hunting tends to migrate to other more diverse and abundant taxonomic groups such as birds and reptiles (Mendonça et al. 2015; Santos et al. 2022;

Souza et al. 2022). Hunting data for mammals in the Caatinga point to numbers of potentially hunted species varying between nine and thirty species. However, it is worth mentioning that the richness of hunted species can be influenced by several factors, such as location, purpose of use and size of the sample of informants used (Mendonça et al. 2015; Barboza et al. 2016, Silva-Neto et al., 2016; Santos et al. 2019; Santos et al. 2022; Souza et al. 2022).

Among the vertebrates hunted in northeastern Brazil, mammals represent one of the main game taxa. Its hunting is mainly related to food and medicinal use (Mendonça et al. 2015; Barboza et al. 2016). As they are medium to large animals, they provide a large amount of meat for food, being a source of protein for many rural populations (Cullen et al. 2000; Alves 2012; Alves and Souto 2015). Its by-products, such as skin and body fat, are widely used in traditional Brazilian medicine. There are also reports of other uses; however, it does not stand out when compared to food and medicinal use (Mendonça et al. 2015; Barboza et al. 2016).

With regard to the hunted species, it was observed that *Conepatus semistriatus*, *Euphractus sexcinctus* and *Dasyurus novemcinctus* showed the highest values for the cultural salience index. Alves et al (2016) in a review of mammals with hunting importance in the Caatinga listed the main uses of *Conepatus semistriatus*, *Euphractus sexcinctus* and *Dasyurus novemcinctus* namely: pet, ornamentation, food, medicine, religious magic (only *Euphractus sexcinctus* it is *Dasyurus novemcinctus*), and conflict relations (only for *Conepatus semistriatus*).

Possibly, the multiple uses of these three species favor them to become species with high cultural importance. Albuquerque et al (2019) proposed an approach on species selection criteria (through the maximization of benefits and cost reduction) and functioning of socioecological systems (through utilitarian redundancy). The study by Albuquerque et al (2019) points out that natural resources within a socioecological system are selected to favor a multiplicity of uses. In this way, we could admit that species of high cultural importance are species with multiple uses and these would be prioritized within socioecological systems. Thus, the high values of the cultural salience index of *C. semistriatus*, *E. sexcinctus* it is *D. novemcinctus* can be explained by the high demand for uses of these three species.

According to informants, meat flavor and ease of collection are the main motivators for hunting an animal. Preference for a particular flavor of meat has been discussed in the literature on hunting animals. Chaves et al (2020) observed that the probability of a species being hunted can be twice as high if it is a flavor preference species. Souza et al (2023), who found that preference for flavor increases the chances of a species being hunted by up to three times, observed the same results.

Regarding the ease of collection, the literature points out as influencing the choice of fauna species this factor. Analyzes that aim to evaluate the cost-effectiveness of hunting strategies consider that availability is a factor considered when making a decision about which animal to hunt (Reis et al. 2018). Lucena et al (2012) state that the availability of the resource favors that the species have greater cultural importance, having their priority for use. However, it is important to emphasize that variables that influence hunting encompass several dimensions, from the biological to the cultural, so that they can change from region to region.

With regard to collection methods, it was observed that hunting using dogs is the most used method among informants. This type of hunting usually takes place at night and the target prey is usually a medium-sized mammal such as *C. semistriatus*, *D. novemcinctus*, *E. sexcinctus* or *T. tetradactyla*. In the present study, hunters tend to select areas with intact vegetation (generally mountainous areas) where larger animals are more abundant and use established game trails. The literature points to this type of

hunting as the most destructive, as there is no selectivity in the capture of animals (Santos et al. 2022). However, this is a widely used method in the region and in other regions of Brazil (Alves et al. 2009).

Traps such as the forge, tatuzeira or grid traps are widely used by hunters in the Caatinga. The purpose of the forjo is to hunt rodents, armadillo species (Alves et al. 2009). The grid trap was cited for capturing medium-sized rodents, especially *K. rupestris* additionally, the use of firearms and slingshots was also mentioned. According to informants, both strategies are associated with other methods, especially hunting with dogs.

Informants mentioned the use of waiting traps (with food or water) in the present study. The literature points out that this type of equipment consists of creating strategies that attract the animals while the hunters wait for them in small hiding places. Waiting with food attracts animals due to the supply of food resources. However, in the present study, a type of local improvement was observed for the use of the wait with water. As with waiting for food, hunters also build hiding places near places that store rainwater, whether natural or artificial. Many of these hunting sites are located close to deformities that arise in rocky outcrops, locally known as cauldrons. These environments can store water for an entire annual cycle, as low infiltration implies a longer time with water present in the locations.

In addition, hunters modify these environments by expanding storage capacity, preventing access by domestic animals and covering them to reduce evaporation. These changes in sites imply that water is available for a longer period. In cauldrons closer to homes and in prolonged droughts, hunters to attract animals for slaughter can fill this type of wait. Informants cited this type of trap as being very efficient and low-cost to maintain, allowing its use more frequently.

The region where the research was carried out has a project to transpose the body of a river, called São Francisco. A dry environment without permanent bodies of water characterized the region. The transposition work on the São Francisco River has modified the landscape of the communities, bringing other perspectives for obtaining resources associated with the establishment of a perennial water network. It was observed during data collection that most informants reported a recent preference for fishing rather than hunting terrestrial animals.

As the hunting activity is also a purpose of entertainment and leisure, associated with social interaction and belonging to a group (Reyes-garcia et al. 2008; Hanazaki et al. 2009; Mendonça et al. 2015; Alves et al. 2017; Stafford et al. 2017) it is possible that this new reality created by the work can supply this local demand through fishing, in addition to being an alternative source of protein in scenarios where there is a low availability of terrestrial prey. Silva and collaborators (2023) observed 25 species of fish occupying the reservoirs created on the east axis of the PISF, which is a considerable implement and diversification of food resources to be used by local human populations. However, more research should be conducted in order to identify the occurrence, as well as the socioecological contexts, of the hunting/fishing transition.

The presence of permanent artificial water bodies acts as an attraction for fauna, leaving species more vulnerable to hunting, especially aquatic animals, with a greater need for water intake and mesic environments for thermoregulation (Valeix et al. 2008; Wolff 2001; Astete et al. 2016). Medium-sized mammals such as *Puma concolor* and *Subulo goazoubira*, which are thermoregulators that are more active and dependent on greater water intake (Astete et al. 2016) may be the most affected by hunting in these locations. In this way, it is important to ensure that these places are properly supervised and protected, so that they do not function as hunting and predatory fishing sites. Investing

in environmental education and establishing conservation units along the PISF can mitigate this vulnerability scenario.

In addition, the establishment of canals and adjacent accesses allowed the connection of inland areas, such as Curralinho, with closer urban centers. Informants reported the existence of more constant hunters outside the community, attracted by the better hunting conditions when compared to more urbanized areas. Recent data evaluating the implementation of large enterprises in the Caatinga demonstrate that the opening of roads in natural areas increases the intensity of poaching (Dias et al., 2020). Possibly, this same increase in hunting pressure may be associated with the PISF, being one of the impacts already foreseen in the environmental impact reports of the enterprise (Brasil, 2004).

Finally, it is important to highlight that the Curralinho community is located in an area considered to be of high and very high priority for the conservation of the Caatinga (Brasil, 2018), protecting recently described, endangered species and with aspects of its basic biology little known. In this region, it is still possible to find endangered species that have been disappearing from the Caatinga, such as the felines *Puma concolor*, *Herpailurus yagouaroundi* and *Leopardus tigrinus* – this being the most endangered small feline in Brazil (Oliveira et al., 2013).

It is important to note that lists organized by federal states in northeastern Brazil, such as Bahia and Ceará, include some species that are threatened at the regional level and which are not included in broader assessments, such as *Subulos gouazoubira* and *Dicotyles tajacu*, categorized as Vulnerable (VU) and endangered (EN), respectively, in the state of Ceará (Sema, 2022). The state of Pernambuco still does not have an official list of endangered species, which makes it difficult to understand the factors that threaten the state's fauna and what public policies to use for conservation.

Conclusions

The hunters from the Curralinho community present a perception of the local mastofauna consistent with the available literature data for the species. Despite recognizing the 23 assessed taxa, only nine are effectively hunted, mainly for food purposes. Meat flavor and availability are important predictors in prioritizing mammal collection. These informants use a set of collection techniques, some of which are specific to a particular resource to be explored. Furthermore, they select more preserved areas with greater return potential, following an efficiency perspective.

The scenario imposed with the creation of a perennial water matrix seems to be influencing the way these informants use local resources. Fishing ended up assuming an important role within the community, although terrestrial species are still hunted. This study encourages lines of investigation on a complex scenario that is established in the Brazilian northeast, which has started to receive large-scale developments in recent years. These large-scale modifications can interfere with the way these populations interact with the environment, demanding study and public policies that allow regional development and biodiversity conservation.

Author participation: ICGV - Conceptualization, data curation, formal analysis, investigation, methodology, project management, original writing. PAN - Conceptualization, Acquisition of Funding, Conceptualization, Resources, FSF: Conceptualization, Visualization, Original Writing, Proofreading and Editing. EMFLN: Conceptualization, visualization, investigation, methodology, project management, original writing, data curation, formal analysis, revision and editing.

Ethical approval: The ethics committee of the Federal University of Vale do São Francisco (UNIVASF) approved the present study under the number 2.637.890/ CAAE 81373517.4.0000.5196 to access local knowledge about the mammals of the region and the relationships between the inhabitants of the community and the local fauna

Type of review: Anonymous review

Data availability: Manuscript from the ICGV master's dissertation available at <http://www.ppgcsb.univasf.edu.br/index.php?page=dissertacoes>

Funding: This study was partially funded by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel – Brazil (CAPES/PROAP)

Acknowledgments: The authors would like to thank all residents of the Curralinho community for their contributions to the development of this research. They are also grateful for the logistical support provided by the Caatinga Fauna Conservation and Management Center (CEMAFAUNA CAATINGA) in partnership with the Ministry of Integration and Regional Development and the Federal University of Vale do São Francisco (UNIVASF).

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

References

- Abreu EF, Casali D, Costa-Araújo R, Garbino GST, Libardi GS, Loretto D, Loss AC, Marmontel M, Moras LM, Nascimento MC, Oliveira ML, Pavan SE, & Tirelli FP. 2022. Lista de Mamíferos do Brasil (2022-1) [Data set]. Zenodo. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7469767>
- Abreu, F, De la Fuente, MFC, Schiel, N, Souto, A. (2016). Feeding ecology and behavioral adjustments: flexibility of a small neotropical primate (*Callithrix jacchus*) to survive in a semiarid environment. *Mammal Research*, 61, 221-229. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13364-016-0262-4>
- Albrechtsen, L, Macdonald, DW, Johnson, PJ, Castelo, R, Fa, JE. (2007). Faunal loss from bushmeat hunting: empirical evidence and policy implications in Bioko Island. *Environmental Science & Policy*, 10(7-8), 654-667. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2007.04.007>
- Albuquerque, UP., Silva, VA., Conceição-Cabral, M., Alencar, NL., and Andrade, LDHC. 2008. Comparisons between the use of medicinal plants in indigenous and rural caatinga (dryland) communities in NE Brazil. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas medicinales y Aromáticas*, 7: 156-170.
- Albuquerque, UP., Lucena, FP, Alencar, NL. 2010. Métodos e técnicas para coleta de dados etnobiológicas, orgs, ALBUQUERQUE, UP.; LUCENA, FP.; CUNHA, LVFC. Métodos e Técnicas na Pesquisa Etnobiológica e Etnoecológica. 1 ed. Recife: Nupeea.
- Albuquerque, UP, Cunha, LVFC, Lucena, RFP, Alves, RRN. (Eds.). 2014. Methods and techniques in ethnobiology and ethnoecology (p. 1537). Springer New York. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8636-7>.
- Albuquerque, U. P., Medeiros, P. M., Júnior, W. S. F., Silva, T. C., da Silva, R. R. V., and Gonçalves-Souza, T. 2019. Social-ecological theory of maximization: basic concepts and two initial models. *Biological Theory*, 14(2), 73-85. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13752-019-00316-8>.
- Alves, R. R. N. 2012. Relationships between fauna and people and the role of ethnozoology in animal conservation. *Ethnobiology and Conservation*, n. 1, v.2. DOI: <https://doi.org/10.15451/ec2012-8-1.2-1-69>.
- Alves, R. R. N., and Souto, W. M. S. 2015. Ethnozoology: a brief introduction. *Ethnobiology and conservation*. DOI: <https://doi.org/10.15451/ec2015-1-4.1-1-13>.
- Alves RRN, Mendonça LET, Confessor MVA, Vieira WLS, Lopez LCS. Hunting strategies used in the semi-arid region of northeastern Brazil. *J Ethnobiol Ethnomed*. 2009;5(12):1–56. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-5-12>

- Alves, RRN, Feijó, A, Barboza, RRD, Souto, WMS, Fernandes-Ferreira, H., Cordeiro-Estrela, P, Langguth, A. (2016). Game mammals of the Caatinga biome. *Ethnobiology and Conservation*. DOI: <https://doi.org/10.15451/ec2016-7-5.5-1-51>
- Alves, ASA, do Nascimento, ALB, Albuquerque, U, Castro, CC. 2017. Optimal foraging theory perspectives on the strategies of itinerant beekeepers in semiarid northeast Brazil. *Human Ecology*, 45: 345-355. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10745-017-9909-2>.
- Astete, S, Marinho-Filho, J, Machado, RB, Zimbres, B, Jácomo, ATA, Sollmann, R, Tôrres, NM, Silveira, L (2017). Living in extreme environments: modeling habitat suitability for jaguars, pumas, and their prey in a semiarid habitat. *Journal of Mammalogy*, 98(2), 464–474. DOI: <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyw184>
- Barboza, R. R, Lopes, S., Souto, W., Fernandes-Ferreira, H and Alves, R. 2016. The role of game mammals as bushmeat In the Caatinga, northeast Brazil. *Ecology and Society*, 21(2). DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-08358-210202>
- Burgin, C. J, Colella, J. P, Kahn, P. L, Upham, N. S. 2018. How many species of mammals are there?. *Journal of Mammalogy*, 99(1), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyx147>
- Brasil. Presidência da República. Lei nº 5.197, de 3 de janeiro de 1967. Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências. [Internet]. Diário Oficial da União. Brasília; 5 jan 1967 [accessed in 05 maio 2023]. Available from: <http://bit.ly/1MxMwoK>
- Brasil. Ministério da Integração. Relatório de Impacto Ambiental do Projeto de Integração do rio São Francisco: as bacias hidrográficas no nordeste setentrional, 2004. Brasília, 2004. Available from: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/projeto-sao-francisco/o-projeto>.
- Brasil. Áreas Prioritárias para Conservação, Utilização Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade do Cerrado, do Pantanal e da Caatinga - 2a atualização. Brasília, Brasil Diário Oficial da União, 2018. Available from: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/conservacao-1/areas-prioritarias/2a-atualizacao-das-areas-prioritarias-para-conservacao-da-biodiversidade-2018>. accessed in: Dezembro 2020.
- Brasil, 2018. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Município de Cabrobó, 2018. Available from <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=260300&idtema=6&se_arch=||s%EDntese-das-informa%E7%F5es>. accessed in: Dezembro 2020.
- Brasil, Ministério do Meio Ambiente portaria no 300, de 13 de dezembro de 2022. Available from: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/legislacao/portaria/695-2022.html>. Accessed in: 21 jun. 2023.
- Chaves, LDS, Nascimento, ALBD, Albuquerque, UP. 2019. What matters in free listing? A probabilistic interpretation of the salience index. *Acta Botanica Brasilica*, 33, 360-369. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-33062018abb0330>
- Chaves, LS, Alves, RR, Albuquerque, UP. (2020). Hunters' preferences and perceptions as hunting predictors in a semiarid ecosystem. *Science of the Total Environment*, 726, 138494. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138494>
- Cullen JRL, Bodmer, RE, Padua, CV. 2000. Effects of hunting in habitat fragments of the Atlantic forest, Brazil. *Biological Conservation*, Liverpool, 95: 49-56. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(00\)00011-2](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(00)00011-2).
- Dias, DDM, Massara, RL, de Campos, CB, Rodrigues, F.H.G. (2019). Human activities influence the occupancy probability of mammalian carnivores in the Brazilian Caatinga. *Biotropica*, 51(2), 253-265. DOI: <https://doi.org/10.1111/btp.12628>
- Dias, DDM., Ferregueti, ÁC, Rodrigues, FHG. (2020). Using an occupancy approach to identify poaching hotspots in protected areas in a seasonally dry tropical forest. *Biological conservation*, 251, 108796. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108796>
- Feijó, A, Langguth, A. (2013). Mamíferos de médio e grande porte do Nordeste do Brasil: distribuição e taxonomia, com descrição de novas espécies. *Revista Nordestina de Biologia*, 3-225.

Feijó, A, Garbino, GS, Campos, BA., Rocha, PA, Ferrari, SF, Langguth, A. (2015). Distribution of *Tolypeutes Illiger, 1811* (*Xenarthra: Cingulata*) with comments on its biogeography and conservation. *Zoological Science*, 32(1), 77-87. DOI: <https://doi.org/10.2108/zs140186>

Ferreira, FS, Albuquerque, UP, Coutinho, HDM, Almeida, WO, Alves, RRN. The trade in medicinal animals in northeastern Brazil. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine (Print)* v. 2012, p. 1-20, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/126938>

Hanazaki, N, Alves, RRN, Begossi, A. 2009. Hunting and use of terrestrial fauna used by Caiçaras from the Atlantic Forest coast (Brazil). *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, v. 5, n. 1, p. 36. DOI: <https://doi.org/10.1186/1746-4269-5-36>.

Huntington, HP. 2000. Using Traditional Ecological Knowledge in Science: Methods and Applications. *Ecological Applications*, 10: 1270 – 1274. DOI: [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[1270:UTEKISorgeous2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1270:UTEKISorgeous2.0.CO;2).

IUCN, I. U. for C. of N. and N. R. The IUCN Red List of Threatened Species 2022-2. Available from: <http://www.iucnredlist.org/>. Accessed in mar. 2023.

Ladio, A. H. and Lozada, M. 2000. Edible wild plant use in a Mapuche community of northwestern Patagonia. *Human Ecology*, 28: 53-71, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1007027705077>.

Lechuga, J. (2001). The feasibility of sport hunting as a wildlife conservation and sustainable development tool in southern Mexico (Doctoral dissertation, University of Florida).

Lucena, RFP, de Medeiros, PM, de Lima Araújo, E, Alves, AGC, de Albuquerque, UP. (2012). The ecological apparency hypothesis and the importance of useful plants in rural communities from Northeastern Brazil: An assessment based on use value. *Journal of Environmental Management*, 96(1), 106-115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.09.001>.

Malukiewicz, J, Boere, V, De Oliveira, M. A. B, D'arc, M, Ferreira, J. V, French, J, ... Tardif, S. (2020). An introduction to the *Callithrix* genus and overview of recent advances in marmoset research. *ILAR journal*, 61(2-3), 110-138. DOI: <https://doi.org/10.1093/ilar/ilab027>

MarcArthur, RH, Pianka, ER. 1966. On optimal use of a patchy environment. *American Naturalist*, 100: 603-609, 1966. DOI: <https://doi.org/10.1086/282454>.

Medeiros, PM, Almeida, ALS, Lucena, RFP, Souto, FJB, Albuquerque, UP. 2010. O uso de estímulos visuais na pesquisa etnobiológica, orgs, Albuquerque, UP, Lucena, FP, Cunha, LVFC. *Métodos e Técnicas na Pesquisa Etnobiológica e Etnoecológica*. 1 ed. Recife: Nupeea.

Medici, EP, Flesher, K, de Mello, Beisiegel, B, Keuroghlian, A, Desbiez, ALJ., Gatti, A, de Almeida, LB. (2012). Avaliação do risco de extinção da anta brasileira *Tapirus terrestris* Linnaeus, 1758, no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, 2(1), 103-116. DOI: <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v2i1.243>

Mello, LC. 1996. *Antropologia Cultural. Iniciação, teoria e temas*. Vozes, Petrópolis. Rio de Janeiro-RJ.

Melo, RS, Silva, OC; Souto, A, Alves, RRN, Schiel, N. 2014. The role of mammals in local communities living in conservation areas in the Northeast of Brazil: An ethnozoological approach. *Tropical Conservation Science*, 7: 423-439. DOI: <https://doi.org/10.1177/194008291400700305>.

Mendonca, LET, Vasconcellos, A, Souto, CM, Oliveira, TPR, Alves, RRN. 2015. Bushmeat consumption and its implications for wildlife conservation in the semiarid region of Brazil. *Regional Environmental Change*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0901-3>.

Morales, GP. 2000. *Cacería de subsistencia en tres comunidades de la zona maya de México y Guatemala*. Tesis de Maestría en Ciencias. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Quintana Roo. México.

Nasi, R, Brown, D, Wilkie, D, Bennett, E, Tutin, C, van Tol, G, Christophersen, T. (2008). Conservation and use of wildlife-based resources: the bushmeat crisis. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, and Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor. Technical Series no. 33, 50 pages.

- Oliveira, T, Tortato, M, Almeida, L, Campos, C, Beisiegel, B. (2013). Avaliação do risco de extinção do gato-do-mato, *Leopardus tigrinus* (Schreber 1775). *Biodiversidade Brasileira*, 3. 56-65. DOI: <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v3i1.370>
- Penido, G, Astete, S, Furtado, MM., Jácomo, ATDA., Sollmann, R, Torres, N., Marinho Filho, J. (2016). Density of ocelots in a semiarid environment in northeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 16. DOI: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2016-0168>
- Pernambuco. Banco de dados de Pernambuco, 2006. BDE Available from: <http://www.bde.pe.gov.br/visualizacao/Visualizacao_formato2.aspx?CodInformacao=798&Cod=1>. Accessed in: 15 de março 2019.
- Prado, JR, Knowles, LL, Percequillo, AR (2021). A new species of South America marsh rat (*Holochilus*, Cricetidae) from northeastern Brazil. *Journal of Mammalogy*, 102(6), 1564-1582. DOI: <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyab104>
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020
- Reyes-Garcia, V, Molina, J.L, Broesch, J, Calvet, L, Huanca, T, Saus, J, ... TAPS Bolivian Study Team. (2008). Do the aged and knowledgeable men enjoy more prestige? A test of predictions from the prestige-bias model of cultural transmission. *Evolution and Human Behavior*, 29(4), 275-281. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2008.02.002>
- Reis, Y. S, Valsecchi, J, Queiroz, H. (2018). Caracterização do uso da fauna silvestre para subsistência em uma unidade de conservação no Oeste do Pará. *Biodiversidade Brasileira*, 08(2): 187-202. DOI: <https://doi.org/10.37002/biobrasil.v%25vi%25i.796>
- Santoro, FR., Nascimento, ALB., Soldati, GT., Ferreira-Junior, WS, Albuquerque, UP. 2018. Evolutionary ethnobiology and cultural evolution: opportunities for research and dialog. *Journal Ethnobiology and Ethnomedicine* 14, 1. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13002-017-0199-y>.
- Santos, S, de Lucena, RFP, De Lucena Soares, HK., Dos Santos Soares, VM., Sales, NS, Mendonça, LET. (2019). Use of mammals in a semi-arid region of Brazil: an approach to the use value and data analysis for conservation. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, 15, 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13002-019-0313-4>
- Santos, SL, De la Fuente, MF, Alves, RRN. (2022). Patterns associated with hunting with dogs in a semiarid region of northeastern Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 18(1), 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13002-022-00570-4>
- Schiel, N, Souto, A. (2017). The common marmoset: an overview of its natural history, ecology and behavior. *Developmental Neurobiology*, 77(3), 244-262. DOI: <https://doi.org/10.1002/dneu.22458>
- Sema – Secretaria de meio ambiente e mudanças do clima do Ceará. Lista Vermelha de mamíferos Terrestre do Ceará (2022). Available from: < <https://www.sema.ce.gov.br/lista-vermelha-de-especies-ameacadas-da-fauna-do-ceara/lista-vermelha-mamiferos-terrestres/> Accessed in: August 22, 2023.
- Silva, LG., Gomes de Oliveira, T, Kasper, CB., Cherem, JJ, Moraes Jr, EA, Paviolo, A. J, and Eizirik, E. 2016. Biogeography of polymorphic phenotypes: Mapping and ecological modelling of coat colour variants in an elusive Neotropical cat, the jaguarundi (*Puma yagouaroundi*). *Journal of Zoology*, 299.4: 295-303. DOI: <https://doi.org/10.1111/jzo.12358>
- Silva-Neto, BC., Nascimento, ALB., Schiel, N, Alves, RRN., SOUTO, A, and Albuquerque, UP. 2016. Assessment of the hunting of mammals using local ecological knowledge: an example from the Brazilian semiarid region. *Environment, development and sustainability*, 19: 1795-1813. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9827-2>.
- Silva, JMCD, Barbosa, LCF, Leal, IR, & Tabarelli, M. (2017). The Caatinga: understanding the challenges. *Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America*, 3-19. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68339-3>
- Silva ALB, Galvão GA, Rocha AAF, Gutierrez SMM, Santos GR, Costa BDF, Pereira LCM, Nicola PA. Ichthyofauna on the move: fish colonization and spread through the São Francisco Interbasin Water Transfer Project. *Neotrop Ichthyol*. 2023; 21(1):e220016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2022-0016>

Smith, J. J, Borgatti, S. P. (1997). Salience counts-and so does accuracy: Correcting and updating a measure for free-list-item salience. *Journal of linguistic anthropology*, 7, 208-209.

Soldati, GT, Albuquerque, UP. 2012. A new application for the optimal foraging theory: the extraction of medicinal plants. *Evidence-based complementary and alternative medicine*, v. 2012, p.1-12. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/364564>.

Souza, JDM, Lins-Neto, EM, Ferreira, FS. (2022). Influence of the sociodemographic profile of hunters on the knowledge and use of faunistic resources. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 18(1), 1-13. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13002-022-00538-4>

Souza, J.M, Ladim, A. S, Lins-Neto, E. M. F Ferreira, FS (2023). Analysis of wild animal hunting in the Caatinga biome, Bahia-Brazil: what factors influence species preference?. *Human Dimensions of Wildlife*, p. 1-13, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1080/10871209.2023.2212685>

Stafford, CA, Preziosi, RF, Sellers, WI. (2017). A pan-neotropical analysis of hunting preferences. *Biodiversity and Conservation*, 26, 1877-1897. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1334-8>

Valeix, M, Fritz, H, Matsika, R., Matsvimbo, F, Madzikanda, H. (2008). The role of water abundance, thermoregulation, perceived predation risk and interference competition in water access by African herbivores. *African Journal of Ecology*, 46(3), 402-410. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2028.2007.00874.x>

Velloso, A. L, Sampaio, EVSB, Pareyn, FGC. 2002. Ecorregiões propostas para o bioma Caatinga. Recife: associação Plantas do Nordeste; Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil. 76 p.

Wolff, F. Vertebrate ecology in Caatinga: A. Distribution of wildlife in relation to water. B. Diet of pumas (*Puma concolor*) and relative abundance of felids. *Distribution*, p. 74, 2001.



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