

Elisandra Scapin
Magale Karine Diel Rambo
Márcio Galdino dos Santos
(ORGANIZADORES)

ÁGUA E SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA



Elisandra Scapin
Magale Karine Diel Rambo
Márcio Galdino dos Santos
(ORGANIZADORES)

ÁGUA E SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA



PALMAS-TO
2019

**Reitor**

Luis Eduardo Bovolato

Vice-reitora

Ana Lúcia de Medeiros

Conselho Editorial

Cynthia Mara Miranda (Presidenta)

Danival José de Souza

Idemar Vizolli

Ildon Rodrigues do Nascimento

Nilton Marques de Oliveira

Ruhena Kelber Abrão Ferreira

Pró-Reitor de Administração e Finanças (PROAD)

Jaasiel Nascimento Lima

Pró-Reitor de Assuntos Estudantis e Comunitários (PROEST)

Kherlley Caxias Batista Barbosa

Pró-Reitora de Extensão e Cultura (PROEX)

Maria Santana Ferreira Milhomem

Pró-Reitora de Gestão e Desenvolvimento de Pessoas (PROGEDEP)

Elisabeth Aparecida Corrêa Menezes

Pró-Reitora de Graduação (PROGRAD)

Vânia Maria de Araújo Passos

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESQ)

Raphael Sanzio Pimenta

Prefeitura Universitária

João Batista Martins Teixeira

Procuradoria Jurídica

Marcelo Morais Fonseca

Projeto Gráfico/Diagramação

Mota Produções

Imagens

Projetado por freepik.com

Pixabay License - pixabay.com

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Agência Brasileira do ISBN - Bibliotecária Priscila Pena Machado CRB-7/6971

A282 Água e sustentabilidade na Amazônia [recurso eletrônico] /
orgs. Elisandra Scapin, Magale Carine Diel Rambo e
Marcio Galdino dos Santos. — Palmas : EDUFT, 2019.
Dados eletrônicos (pdf).
134 p.

ISBN 978-85-60487-69-1

1. Água - Uso. 2. Desenvolvimento sustentável.
3. Educação ambiental. 4. Abastecimento de água.
5. Saneamento básico. 6. Gestão ambiental. I. Scapin,
Elisandra. II. Rambo, Magale Carine Diel. III. Santos,
Marcio Galdino dos. IV. Título.

CDD 333.910068

SUMÁRIO

Apresentação	7
1. Adaptive responses of socioecological riverine systems to water hazards in Brazilian central Amazon	9
2. Escassez hídrica e políticas públicas no sudeste do Tocantins	29
3. A problemática hídrica nas terras indígenas do povo Akwẽ-Xerente, Tocantins, Brasil	43
4. Secas e inundações: mudanças climáticas e/ou mudanças socioculturais.....	67
5. Uso da água como agente produtor de energia e sua influência no meio ambiente: estudo de caso no distrito de Luzimangues, Porto Nacional-/TO, Brasil	85
6. Saneamento básico na Amazônia Legal: uma análise a partir de indicadores sanitários e socioeconômicos	103
Sobre os organizadores	122
Sobre os autores.....	123

APRESENTAÇÃO

Esta obra apresenta o resultado dos trabalhos produzidos pelos docentes e discentes do Programa de Pós-Graduação *strictu sensu* em Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins (UFT) através de estudos produzidos na disciplina Seminário de Integração. Essa disciplina criou um espaço de diálogo inter e multidisciplinar com a finalidade de pensar sobre temas relativos às ciências do ambiente e suas interfaces.

A proposta da disciplina fortalece a formação de recursos humanos capazes de desenvolver projetos de forma interdisciplinar nas mais diversas áreas do conhecimento. Os estudos aqui relatados são capazes de integrar a componente ambiental, social e econômica e fortalecer as atividades de pesquisa e extensão.

Desse modo, o livro é composto por seis capítulos que contextualizam a temática ambiental e reforçam a importância da multidisciplinaridade para o bom desenvolvimento do programa.

O primeiro capítulo, *Adaptive responses of socioecological riverine systems to water hazards in Brazilian central Amazon*, apresenta alguns resultados da pesquisa desenvolvida no âmbito do projeto Resiliência e adaptabilidade dos sistemas socioecológicos ribeirinhos da Amazônia Central (Resilidades), desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Sustentabilidade na Amazônia da Universidade Federal do Amazonas. A partir dos indicadores avaliados concluiu-se que eventos extremos, como enchentes ou refluxos anormais, poderiam estar forçando o sistema socioecológico ribeirinho para além de seus limites de resiliência, o que foi percebido por pelo menos 15% das famílias que abandonaram seus locais de origem desde 2005. Portanto, é urgente fornecer medidas de precaução para proteção e defesa de comunidades de várzea.

O segundo capítulo, *Escassez hídrica e políticas públicas no sudeste do Tocantins*, retrata a questão da escassez hídrica pelo efeito da ação humana. O estudo identifica o Índice de Pobreza Hídrica (IPH) dos municípios de Aurora do Tocantins e Paranã, assim como as políticas mitigadoras de enfrentamento à escassez de água de 2010 a 2017, com destaque para o Programa Tocantins sem Sede. O estudo apresenta uma abordagem quali-quantitativa com aplicação de entrevistas semiestruturadas às famílias beneficiadas pelo programa. Como resultado foi identificada a necessidade de aperfeiçoar a implementação de políticas públicas na região para satisfazer os anseios das populações locais.

No terceiro capítulo, *A problemática hídrica nas terras indígenas do povo Akwẽ-Xerente, Tocantins, Brasil*, o trabalho analisa a problemática hídrica nas terras indígenas (TI) do povo Akwẽ - Xerente desde a década de 1990 até os dias atuais. O trabalho buscou analisar a incidência dos fatores naturais e de origem antropogênica que pudessem interferir na disponibilidade hídrica das TI. Para isso, verificaram-se as características socioeconômicas e o uso da água no entorno das TI e a evolução do uso e ocupação do solo. A partir da análise desses fatores constatou-se que o problema em relação à disponibilidade hídrica para o povo Akwẽ-Xerente é real, pois suas terras vêm sofrendo pressões sociais, ambientais, políticas e econômicas, e a prospecção futura é de que essa situação se agrave ainda mais.

O capítulo *Secas e inundações: mudanças climáticas e/ou mudanças socioculturais* analisa os casos extremos de secas e inundações no bioma amazônico e o efeito dessas alterações sobre o ciclo hidrológico. Foram estudadas as duas correntes do clima que apontam as causas naturais como preponderantes nas mudanças climáticas e os fatores socioculturais como determinantes na dinâmica do equilíbrio climático. No intervalo de 2004 a 2016, foram captados dados para prospectar as informações de temperatura, precipitação, CO₂, densidade, desmatamento (corte raso e progressivo) e queimadas. Os resultados apresentados apontam para as influências das mudanças climáticas e/ou socioculturais no regime hídrico amazônico, observando-se que a ocorrência de estações secas e enchentes definiu diferentes níveis de relação entre os fatores ambientais e socioculturais.

No capítulo *Uso da água como agente produtor de energia e sua influência no meio ambiente: estudo de caso no distrito de Luzimangues, Porto Nacional/TO-Brasil*, objetivou-se analisar a influência da formação de reservatório de água usado como agente produtor de energia sobre o meio ambiente. A pesquisa foi conduzida no distrito de Luzimangues, Porto Nacional/TO, como estudo de caso representativo das transformações ocorridas a partir da influência do reservatório da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães; o recorte temporal é de 1993 até 2017. Realizou-se levantamento histórico sobre o enchimento do reservatório e o surgimento do distrito de Luzimangues, além da análise de uso e ocupação do solo no período que antecede e sucede o enchimento, análise fisiogeográfica atual e transformações socioeconômicas. Observou-se que após o enchimento diversos loteamentos foram criados, evidenciando o aumento da especulação imobiliária e a expansão urbana no distrito, trazendo com isso muitos problemas relacionados à infraestrutura. Concluiu-se, também, que a atração para a grande procura por lotes no distrito foi o baixo custo deles e a oportunidade de investimentos, não existindo atividades econômicas relacionadas ao lago.

No último capítulo, *Saneamento básico na Amazônia Legal: uma análise a partir de indicadores sanitários e socioeconômicos*, procurou-se traçar um paralelo entre saneamento (água e esgoto) e indicadores socioeconômicos nos estados pertencentes à Amazônia Legal. Como metodologia de estudo foram utilizados levantamentos de dados socioeconômicos e índices urbanos de água potável e residual obtidos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) nos anos 2000, 2010 e 2015. O estudo demonstrou que, apesar dos avanços que ocorreram nos últimos anos, a universalização dos serviços de água e esgoto na Amazônia Legal ainda está muito distante, principalmente quando se trata de esgotamento sanitário. Estados que apresentavam maiores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) também possuíam maior cobertura dos serviços de saneamento básico (água e esgoto), exceto o Amapá, que, mesmo possuindo um IDH alto em 2010 (0,708), demonstrou baixos índices de atendimento urbano de água e esgoto. Esse fato pode estar relacionado a baixo investimento aliado a elevado aumento populacional no período analisado.

1

ADAPTIVE RESPONSES OF SOCIOECOLOGICAL RIVERINE SYSTEMS TO WATER HAZARDS IN BRAZILIAN CENTRAL AMAZON

Henrique dos Santos Pereira

Ana Cristina Lima do Nascimento

David Franklin da Silva Guimarães

Michelle Andreza Pedroza da Silva

Monica Alves de Vasconcelos

Ademar Roberto Martins de Vasconcelos

Suzy Cristina Pedroza da Silva

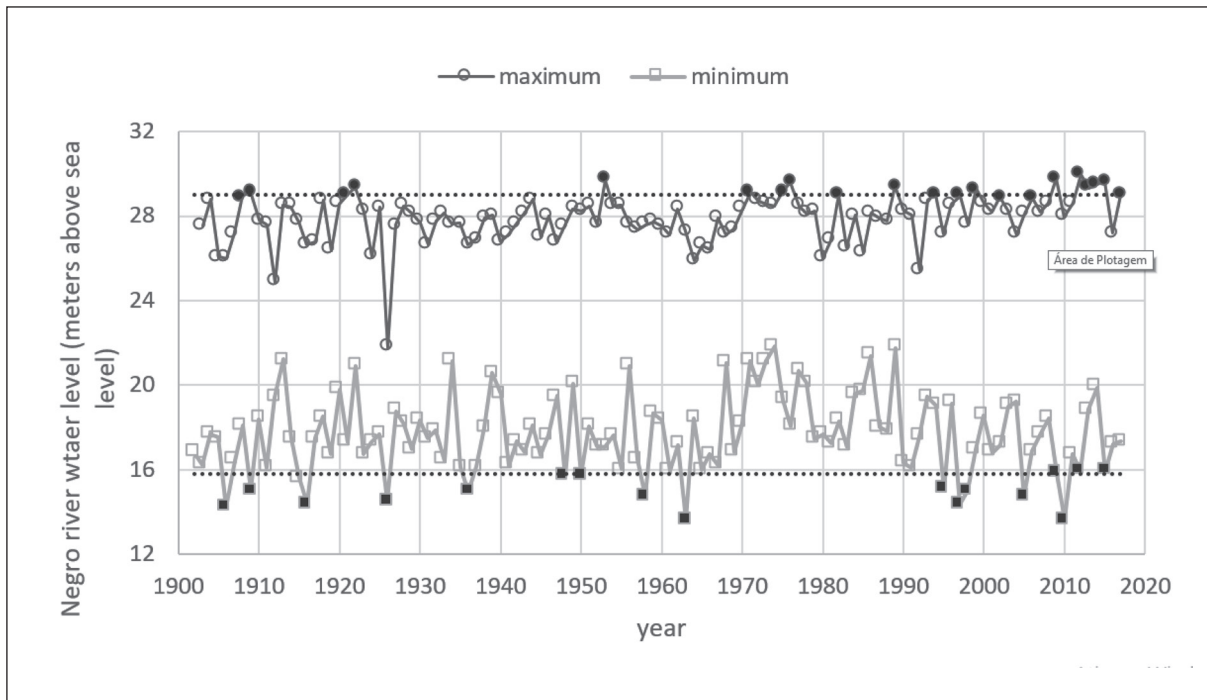
Water and the hydrological cycle with their multiple uses and services are vital resources for the security and development of societies. However, the incidence of abnormal flows and accumulations can bring hazards to the safety of more or less vulnerable populations. Increased exposure of these populations, coupled with the increased frequency and severity of extreme hydroclimatic events, makes reducing the risks associated with waters of vital importance, as described in the global assessment reports of the United Nations Disaster Risk Reduction Agency (UNISDR, 2015). Reducing vulnerability to disasters is the focus of goal 11.5 of the United Nations Sustainable Development Goals: "... significantly reduce the number of deaths and the number of people affected by disasters and substantially reduce the direct economic losses they cause... including water-related disasters". This is also a goal of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (UNISDR, 2015b).

In the central Brazilian Amazon, the hydrological regime of the great rivers is characterized by a monomodal and relatively fairly predictable annual flood pulse that results from the seasonal variation of fluvial precipitation in their drainage areas (JUNK et al., 1989, SCHÖNGART and JUNK, 2007). The magnitude and predictability of these seasonal variations strongly influence social relations and economic activities in the region. However, the staggering of extreme events observed in the last two decades has brought local impacts of social, economic, environmental, ecological and political orders (MARENGO et al., 2013).

For this region, in this study represented by the metropolitan area of Manaus, the reference for the monitoring of water hazards is the fluviometric station of the port of Manaus that holds the longest historical series of records of variation of a river in Amazon region, in this case, the Negro river. Considering this historical series, extreme events are those records that exceed the mean value and a standard deviation for more (flooded) or less (ebbing), that is, 29.0m and 15.8m, respectively. Since the beginning of the 21st century, five of the largest

extreme flood events – 2012, 2009, 2015, 2014 and 2013 – and three of the abnormal flood events – 2010, 2014 and 2005 were observed in the region (Figure 1).

Figure 1. Negro river maximum and minimum annual levels from 1902 to 2017 at the port of Manaus. Highlights are the values considered abnormal. Source: Port of Manaus (2018).



Fonte: Produzido pelos autores

The most likely explanation for the occurrence of extreme flood and ebb events in the Negro river would be the occurrence of abnormal temperatures in the equatorial Pacific Ocean. During “*El Niño*”, there is usually a reduction of precipitation in the Negro river basin, the opposite occurring during years of “*La Niña*” (SORÍ et al., 2018). According to the IPCC (2007), climate change cannot be related to extreme events occurring in isolation, since the extremes occur naturally, but the change in the time pattern of occurrence of these events, as observed in the Negro river, can be attributed to climate change.

Observations indicate that many regions are being affected by climate change, which makes it essential to implement mitigation and adaptation plans for these changes. Aiming to this, in 2016, the federal government launched the National Adaptation to Climate Change Plan (BRP), which includes structural actions and guidelines and management of disaster risk (NOBRE & MARENGO, 2017, p. 55).

However, it must be recognized that environmental risks are unevenly distributed, given the different responsiveness to the climatic threats of the regions and the different social segments of the resident populations within them. This results in an environmental inequality related to the disproportionate exposure of the less favored both social and environmentally. As Acserald (2010) states: “Pollution is not necessarily democratic, and can affect the different social groups in a variable way”. In central Amazon, abnormal flood and ebb events affect riverine populations, and more severely the rural and urban communities that reside and

develop their activities in the river's flood plains, the so called "várzeas". In less assisted regions with low human development rates, these populations also become the most vulnerable.

For several generations, floodplain inhabitants of the Amazonian rivers have developed adaptive strategies that allow them to adjust their activities to the seasonal cycles that determine the alternation between the terrestrial phase (ebb) and the aquatic phase (flood) of the flooded ecosystems. However, changes in these landscapes triggered by the occurrence of extreme hydrological events (Figure 2) may render the Socioecological System (SES) incapable of supporting the forms of subsistence and traditionally established social relationships, causing affected communities to seek alternative strategies. When these alternative strategies develop in scale, they do not only involve the adoption of totally new ways of using natural resources, but probably require institutional changes that may be altering the social and production relations of these populations (BARNES et al., 2017).

Figure 2. Landscape changes due to extreme hydrological events at Lago do Rei community, District of Terra Nova, Careiro da Várzea municipality, Amazonas, Brazil. Source: RESILIDADES project.



Fonte: Produzido pelos autores

In this chapter, we present some of the research results that have been developed within the scope of the project "RESILIDADES – Resilience and adaptability of riverside socioecological systems in the Central Amazon region¹", developed in the Graduation Program in Environmental Sciences and Sustainability in the Amazon of the Environmental Sciences Center of the Federal University of Amazonas.

1 Project RESILIDADES had initial funding by public notice No. 025/2015 - CNPq / MCTI Call No. 25/2015 - Human, Social and Applied Social Sciences. It was also supported by the CAPES / DS and CAPES / PROAP programs and the Amazonas State Research Support Foundation - FAPEAM / POSGRAD.

Theoretical assumptions and the methodological strategies of RESILIDADES project

For the United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), risk is the combination of the probability of occurrence of an event and its negative consequences and can be represented by the following formula (SAITO et al., 2015):

$$R = (H * V) / Re$$

Where R = risk; H = hazard; V = vulnerability; Re = response.

In this equation, the risk is inversely proportional to the response, so the higher the response, the lower the risk. In this sense, even in the face of danger if there is no vulnerability, the risk will not exist. Thus, it is possible to define that risk exists only through the occurrence of an event with the potential to cause harm to a vulnerable community and is directly related to the capacity to respond (Saito et al., 2015).

In risk and disaster studies, vulnerability can be defined as the presence of three components: risk exposure, inability to react and difficulty to adapt to risk materialization (MOSER, 1998). In Brazilian Amazonas state, extreme hydrological events began to be managed as environmental disasters, starting in 2005 with the occurrence of the ninth largest drought recorded in the metropolitan sub-region of Manaus, which generated numerous socio-environmental implications in the state, being disseminated by the media as an environmental disaster (RODRIGUES, 2013, p.82).

The studies developed by the RESILIDADES project focus on the “Response” component of the risk equation. Extreme flood and ebb events in the Amazonian rivers are the hazards that affects the riverine populations that, due to the environment they occupy and exploit and their less favorable socioeconomic conditions, are populations of greater socio-environmental vulnerability. In terms of the response side of the equation, the project scope is direct towards adaptation rather than mitigation of climate change (Figure 3). While mitigation is defined as actions needed for stabilizing concentration of greenhouse gases in the atmosphere, adaptation refers to changes in processes, practices, and structures to moderate potential damages, or to benefit from, opportunities associated with climate change (ADAMO, 2015)

Figure 3. Relationship between risk management in environmental disasters and categories of responses to climate change.

Risk	Hazard Extreme hydrological events: Abnormal river floods and ebbs	Socio environmental vulnerability
Response	Mitigation Deforestation reduction	Adaptation Social technologies

Fonte: Produzido pelos autores

The environmental perception of individuals directly affected by extreme climatic events will be subjective to some extent, which makes it a critical element for the scheduling and implementation of adaptive responses. The perception of the risk of extreme events, such as abnormal floods and river ebb and therefore the development of individual, social, technological and political responses and responses to these events, can be influenced by the lived experience of the populations directly affected (YUN et al., 2014). Extreme climatic events are also perceived as being associated with increased incidence of diseases and health problems (HAQUE et al., 2012).

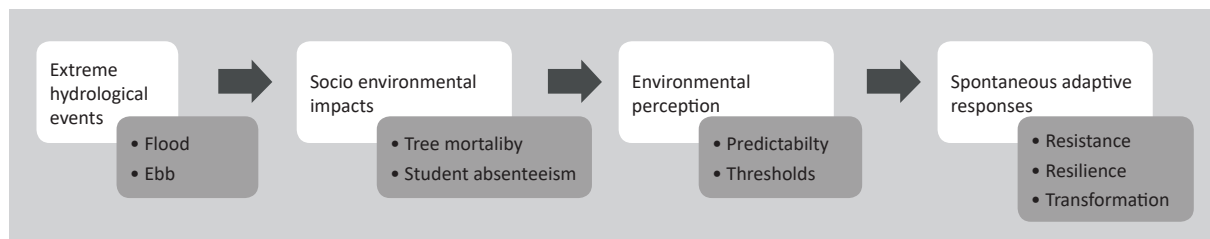
The question is whether such extreme events may be altering the social and production relations of the populations directly affected, and so the floodplain dwellers would be seeking spontaneous adaptations to their ways of living, causing a rupture in the riverine culture (ALENCAR et al., 2014). Autonomous (or spontaneous) adaptation is typically defined as a response to climatic changes in socioecological systems that naturally occur by private actors without the intervention of public institutions. Generally, it is the result of reactive responses to current climate impacts, rather than preventive measures (SEMENZA et al., 2011).

The basic and initial condition for this is that these populations are perceiving such phenomena as either extrapolating from the limits of normal ranges of ecosystem functions or increasing the unpredictability of seasonal changes, both of which have the potential to affect the overall resilience of the socioecological system (Figure 4). Thus, families can adopt measures to ensure that the system does not deviate from its normal range, that is, measures that reinforce the resistance of the system. They can also adopt measures that allow the system even suffering deviations to quickly return to operate within the range of normality, that is, they can increase the resilience of the system (HARRISON, 1979).

If a disaster or environmental stress reaches levels above the capacity of the system, the stability of the system can be overridden. In this case, individuals will have to transform their system into something new, capable of operating at other levels of variations of external factors. Folke et al. (2010) affirm that transformation is "... the capacity to transform the stability landscape itself in order to become a different type of system, to create a fundamentally new system when ecological, economic, or social structures make the existing system untenable."

In the case of human communities severely affected by climate change that result in the total or partial degradation of their ecological support systems, migration may be the only possible response in the quest for survival and social reproduction (McLEMAN and SMIT, 2006). In this study, the number of households that emigrated permanently and did not return to their places of origin served as an indicator to analyze the resilience capacity of the system and how recent extreme hydrological events may be representing a collapse of the traditional riverine socioecological systems.

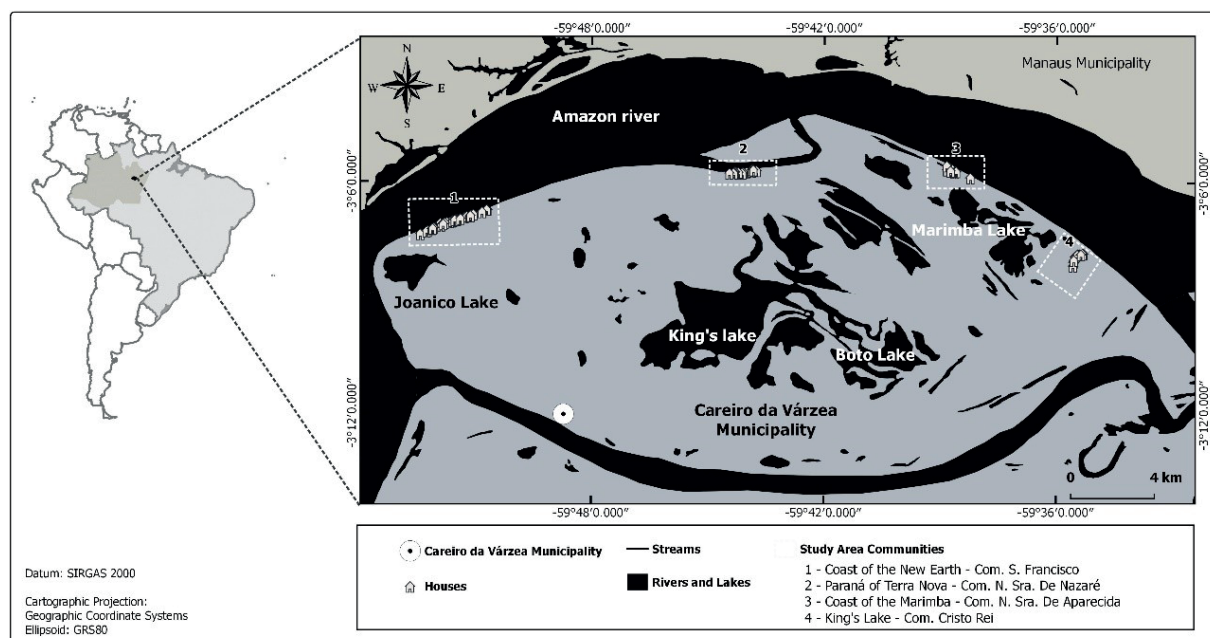
Figure 4. Theoretical assumptions of the project RESILIDADES - Cognitive process initiated by the occurrence of the climatic threat that leads to the emergence of spontaneous adaptive responses.



Fonte: Produzido pelos autores

The study area - The research was carried out in the District of *Terra Nova*, located in the rural area of the municipality of *Careiro da Várzea* in the Brazilian state of Amazonas (Figure 5). The municipality of *Careiro da Várzea* is part of the municipalities of the metropolitan region of *Manaus* (AMAZONAS, 2007). In order to compose the research sample, households were selected in the rural communities of *Costa da Terra Nova* (CTN), *Paraná da Terra Nova* (PTN), *Marimba* (MAR) and *Lago do Rei* (LR). The project was approved by the Human Research Ethics Committee of the Federal University of Amazonas under the number CAAE # 56216516.4.0000.502.

Figure 5. Location of study areas in the District of Terra Nova, municipality of Careiro da Várzea, state of Amazonas, Brazil.



Fonte: Produzido pelos autores

The indicators of stability of the system - The informants of the survey were 93 residents, men and women over 18 years who self-declared themselves as head of randomly selected households. In order to evaluate residents' perception of changes in the pulse pattern of floods

in the region, respondents were asked to state their opinion or knowledge on topics related to: (1) flood pulse regularity and predictability and (2) opinion on changes or not in the pattern of floods and ebbing in recent years. For the definition of events considered extreme, the value of 29.01 meters above sea level for floods was taken as a limit, which is equivalent to the sum of the historical average plus a standard deviation of the annual maximum quotas and, for the extreme ebb, the value of 15.80m corresponding to the value of the historical average minus a standard deviation of the minimum quotas of the Negro river in Manaus.

In order to assess the stability of riverine SES in extreme hydrological events, two indicators of system stability are taken as reference: (1) ecological stability - in the form of catastrophic mortality of established individuals and (2) social stability - in the form of the variation of the absenteeism of students from public schools.

Catastrophic death of trees in floodplains - Knowledge of the mortality rate of the trees that make up the forest structure is essential for the understanding of these ecological systems since these rates indicate an important function of the system (ROSSI, 2007). Knowing mortality rates help detect the pressures on ecosystems caused by anthropogenic or natural disturbances (CAREY, 1994). Among the components of tree population growth estimates, the mortality rate is one of the least understood, and although ecological research on this process is advanced quantitatively, qualitative research remains incipient (HAMILTO Jr. 1986; YANG et al. 2003) Tree mortality can be classified as catastrophic (irregular) and non-catastrophic (regular), the former being the result of mass unpredictable disturbances such as fires, storms, winds, disease outbreaks and insects; while non-catastrophic mortality follows the normal development of a settlement (ROSSI, 2007).

Several tree species, especially the fruit trees, were domesticated by the indigenous populations and became components of Agroforestry Systems (AFS) (MILLER and NAIR, 2006). These agroforestry techniques were incorporated by the mestizo populations that settled in the region after the European invasion and resulted in a number of configurations such as agroforestry yards (“sítios”, “terreiros” or orchards). In the Amazon, traditional populations have vast knowledge about the management of AFS through which they have developed techniques for the use of multiple-use species, in a sustainable way (CASTRO et al., 2009).

The floodplains are very productive environments in agricultural terms and due to the periodic deposition of sediments from the Andean region during the floods are highly fertile (BRITO et al., 2002; JUNK et al., 2012; PEREIRA, 2007) and cultivated since the pre-Columbian period (JUNK and PIEDADE, 2010). The extreme flood of the Madeira river occurred in 2014 was a direct influence on the increase in the catastrophic mortality of native cocoa trees (*Theobroma cacao*) (SIMÃO, 2017), and strong evidence that such events are capable of drastically altering the population dynamics in forest stands.

For the assessment of the environmental indicator (tree mortality), interviews characterized as semi structured were used, where the researcher is free to direct the situation in the best way to obtain the data (GIL, 2002). The sample of the research was of 124 inhabitants distributed among the communities of *Paraná da Terra Nova*, 24.2% (n = 30), *Lago do Rei*, 12% (n = 15), *Costa da Terra Nova*, 31,5% (n = 39) and *Marimba*, 32.3% (n = 40). Residents were asked to state whether they had perceived the abnormal death of trees on their property or possession and, if so, since when such phenomena were observed. They were also asked to indicate which species had this condition and what they attributed to such abnormal mortality.

Student absenteeism in the public education system - The guarantee of a quality basic education is a huge challenge throughout Brazil, a situation that is accentuated in the

Amazon region, where spatial distances and environmental specificities create difficulties for the provision of this basic right. The riverine schools present precariousness in the access and continuity of the studies, caused by the distance and displacement to the schools, lack and turnover of teachers, physical structure and low self-esteem of students (MENDES, 2008). There are frequent reports that extreme hydrological fluvial events of ebb and flood generate disruptions for the displacement of students from schools of the riverine communities in the Amazon region (GLÓRIA, 2012).

In this context, the impacts of extreme fluvial events were considered in the changes in the attendance rate of students from schools in the public school system of the Terra Nova District. In order to measure the social indicator (absenteeism rate), three primary schools of this district were selected: Francisca Goés School (at *Costa da Terra Nova*), Julieta Falcão School (at *Marimba*) and Frei Isidoro School (at *Paraná da Terra Nova*).

Data collection consisted of a combination of documentary and field survey. The documentary survey consisted of the acquisition of information from the attendance sheets from 2005 to 2015 of the 10 grades of primary education (Early Childhood Education to the 9th grade) of the schools studied. In the field survey, we sought to deepen our knowledge of reality by collecting information from the employees, teachers and principals of the analyzed schools. The data were organized and analyzed as bimonthly and annual averages as a function of:

- Quotas of the maximum and minimum levels of the Negro River registered in the port of Manaus (www.portodemanaus.com.br);
- Student absenteeism rate = $(\sum \text{faults.student} / \sum \text{classroom.student per class per bimester}) * 100$;
- Planned school calendar vis à vis School calendar implemented.

Out migration of resident families - In order to obtain records on the emigration of the families of the four communities investigated, we had the assistance of community health agents who accompany these families and who had kept records of 220 families since the year 2000. In interviews with each of the agents, we identified the families that were absent and we interviewed the relatives who had stayed in the communities to qualify the data, that is, to evaluate the reasons why a family had left the place.

The study was based on a qualitative and quantitative approach with an exploratory-descriptive character. The exploratory character of this research serves the purpose of providing a general view on the relation between extreme events and school dropout in the study area, while the descriptive allows to discuss the specific characteristics of the invested phenomenon (GIL, 2002). The data were tabulated in the Excel software to obtain averages, sums and establishment of the correlation between the information. Afterwards, the data were processed in MYSTAT © program for the graphical representation of results and estimation of descriptive statistical parameters and in the PAST program (Hammer et al., 2001) for multiple regression analysis.

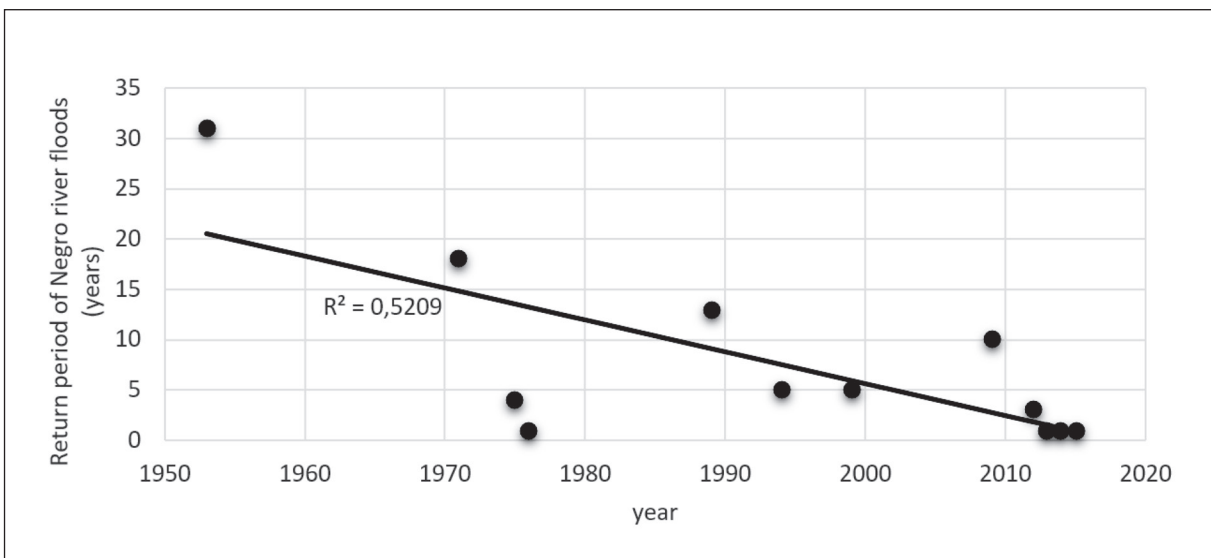
Environmental perception

Extreme floods

Most women (86.5%) and men (81.6%) interviewed responded that they believe that there has been a change in the pattern of floods in recent years and this proportion does not differ between genders ($\chi^2 = 0.41$, $p = 0.52$). The locality with the highest percentage of residents who consider that there were changes was the Costa da Terra Nova (95.7%), and in the other localities about 15 to 20% of the residents did not consider that there had been or were being changes.

Among those who consider that there have been changes, the main perception is that floods have become more intense (40%), that is, that the river has reached higher levels. 30% of residents consider large floods to be more frequent. About 20% perceived that these events are less predictable or that the floods are more prolonged. Part of these perceptions are confirmed by the data recorded when the return time of floods with maximums above 29m since the flood of 1953 is taken into account. There is a clear tendency to reduce the time of return of extreme floods ($\beta = 0.32$) (Figure 6).

Figure 6. Dispersion and regression analysis of the time of return for extreme flood events of Negro river at Manaus. Source: Prepared by the authors based on data from the Port of Manaus (2018).



Fonte: Produzido pelos autores

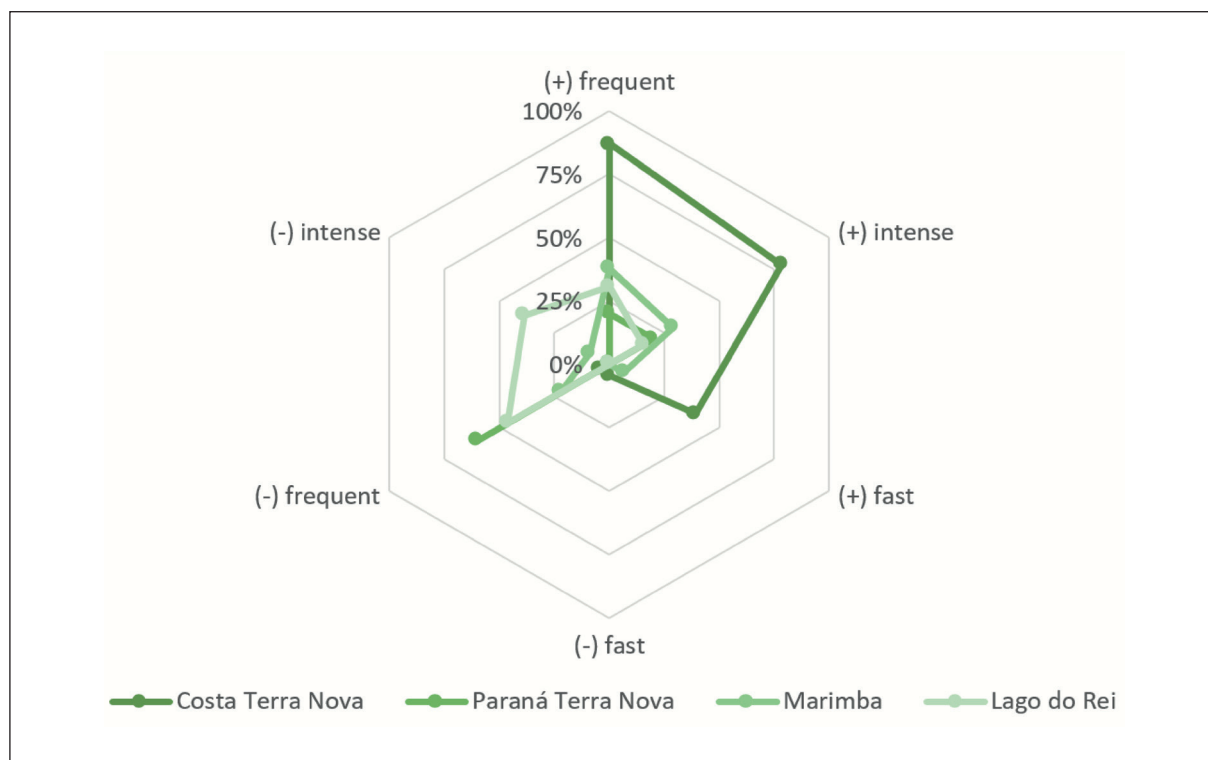
We also assessed individual and collective (social) memory of past extreme water disasters in the four communities. The floods of 2009 and 2012 were the two most frequently remembered events, those being the years of the two largest floods ever recorded. While the floods in the 1970s, 1980s and 1990s are not remembered, the flood of 1953 is the most cited event as a social memory. The floods of recent years - 2013, 2014 and 2015 were not considered extreme events by the majority of respondents in three of the surveyed locations, particularly in the year 2013. For the extreme events that occurred up to 1999, the frequency

of recall was less than 10 % and this can be attributed to the fact that the interviewees are mostly young adults who did not experience such past events or because they are more remote events. Pinho et al. (2015) also reported that in 2010 most of the residents of Silves municipality (Amazonas state) and the Tapajós National Forest (Pará state) also recalled the impact of more recent events at the time, such as the 1997 droughts and 2005, as well as details of the consequences of extreme floods in 2006 and 2009.

Extreme Ebbs

Contrary to the perception of the flood that seems to be more uniform between localities, the pattern of responses to the ebb differ greatly between localities. Only in the Costa da Terra Nova community the absolute majority of inhabitants considers that there has been a change in the pattern of the river ebbs in the last years (Figure 7). More than 75% of the inhabitants of this locality consider that the ebbing became more intense and more frequent. They also considered that the ebb tides became more “fast”, that is, that the speed of the retraction of the level of the water during the ebb was more accelerated.

Figure 7. Frequency of responses to trend perception of pattern changes in river ebb events according to residents of four rural communities of Careiro da Várzea municipality Amazonas, Brazil.



Fonte: Produzido pelos autores

For the other localities less than half of the residents consider that there has been a change in the pattern of the ebbing, but the opinions are divergent. For more than half of the residents of Paraná da Terra Nova, extreme ebbs were less frequent. These inhabitants occupy the unstable (concave) margin of the channel at Paraná of Terra Nova, that is to say, an area

of “*barrancos*” (unstable ravines) (Figure 8), where there is no deposition of sandbanks, being also the majority opinion of the residents of the Lago do Rei community. This is most probably due to the fact that these inhabitants occupy the upstream portion of Careiro island where a new sandbank (beach) has been forming in recent years (PASSOS and SOARES, 2017). This causes residents of this locality to perceive the ebb event as having become more extreme each year. In fact, 70% of them referred to the increase of the beaches and 30% to the lack (difficulties) of obtaining water for irrigation as evidences that the ebbing is intensifying.

Figure 8. Aspects of unstable (concave) margin of the river channel at Paraná of Terra Nova, called “*barrancos*” (unstable ravines). Up-down view (right) and bottom-up view (left). Source: RESILIDADES project, 2016.



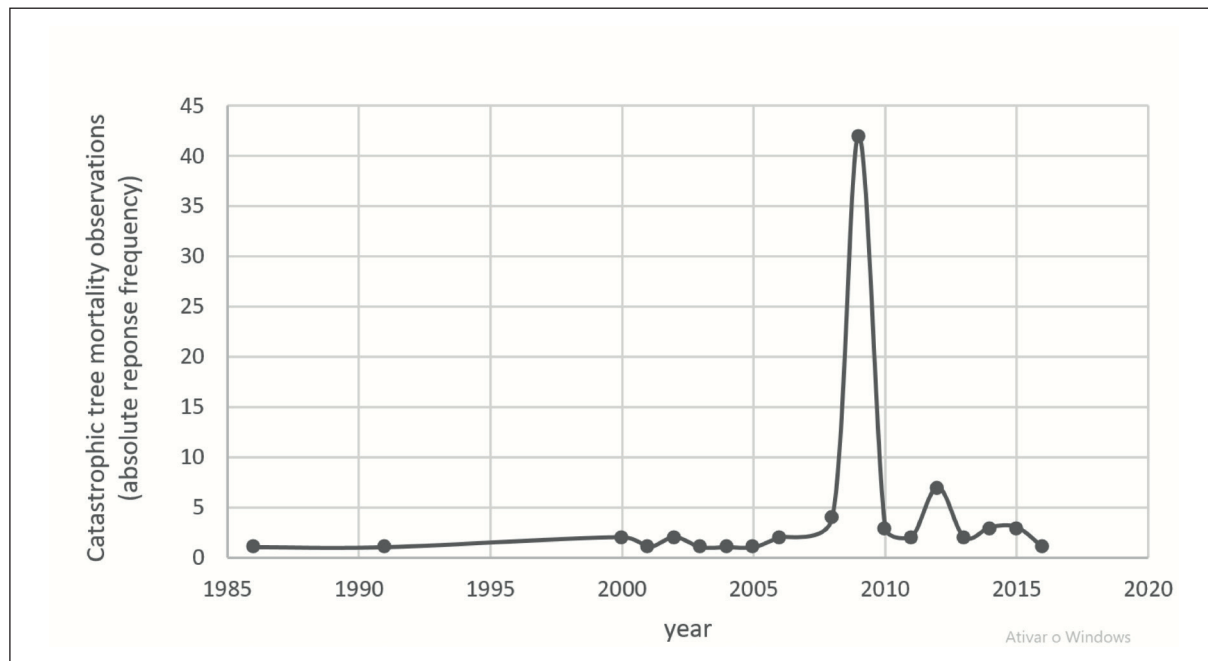
Obs: Fonte ??

Ecological stability indicator

The initial question in the approach to the interviewees was whether the resident considered that there would have been catastrophic death of trees as a consequence of changes in the “rhythm of the waters”, that is, in the temporality of the up and down movements of the river level. Of the total of respondents, the majority (86.3%, $n = 107$) answered affirmatively, that is, that she/he has observed an increase in the mortality of trees; another 11.3% ($n = 14$) said that tree death did not occur due to the rhythm of the waters, while 2.4% ($n = 3$) did not know or wanted to answer the question.

The next question presented to the respondents asked them to indicate the years in which they observed the unusual death of trees. Of the total number of respondents who answered yes to the previous question, 107 respondents, 63.7% ($n = 79$) were able to indicate the year referring to the change in the tree mortality pattern. Most of the residents (53.2%, $n = 42$) reported the year 2009 as the year in which they observed the catastrophic death of trees in their possession or property (Figure 9).

Figure 9. Frequency of response regarding the start year of tree mortality due to extreme floods according to residents of district of Terra Nova, Careiro da Várzea municipality.



Fonte: Produzido pelos autores

Altogether, 30 different species were reported as affected by floods. Mango (*Mangifera indica*) was the tree species cultivated with the highest mortality rates in three of the investigated localities. There was a record of mortality of rubber trees (*Hevea* spp.) and cacao trees (*Theobroma cacao*), in Costa da Terra Nova e Paraná da Terra Nova localities. This confirms what was observed in the 1990s on the presence and importance of these two species in the composition of traditional Agroforestry Systems (WITMANN et al., 2004).

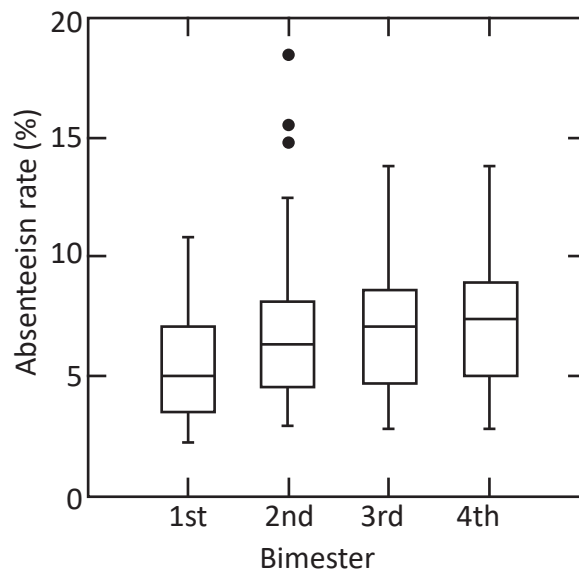
Although at low frequency, at least six species or groups of wild species native to flooded forests were cited by residents as having suffered catastrophic mortality due to abnormal floods: Piranheira (*Piranhea trifoliata*), Louro (*Lauraceae*, several spp.), Envira (*Anonaceae*, several spp.), Tarumã (*Vitex cymosa*), Murici (*Birsonima* sp.) and Bacuri (*Rheedia* sp.). The citation of native species of the floodplain shows that the stress of extreme floods is capable of affecting not only the exotic species cultivated but also naturally selected native species of the floodplain ecosystems.

The individual trees located the furthest from the main river bank and at higher altitudes are less well suited to survive long periods of flooding. Therefore, an unusual increase in peak flooding may increase the mortality of some tree species (PAROLIN, 2004). Thus, prolongation of the flood season may cause a decline in floristic richness, since some forest communities may not be able to keep pace with these changes (VISSER, 2003). When floodplains are flooded, soils often present low concentration of oxygen (hypoxia) or its absence (anoxia) (GUILLAUMET et al., 1990), thus, more intense and prolonged floods can aggravate the state of hypoxia causing stress beyond the tolerance limit of some species (GLOOR et al., 2015).

Social stability indicator

When analyzing students' absenteeism by bimester, it was noticed that most students tend to be less assiduous in the second semester of the year, a semester marked the river ebb and the lowest river quotas (SIOLI, 1990; PEREIRA, 2007). There is a slight tendency for the medians of average absenteeism rates by class to be higher for the 3rd and 4th bimester (> 7%) than for the 1st (4.9%) and 2nd (6.3%) months (Figure 10). This could indicate that the ebb is a more severe environmental stress for the educational system than flood events.

Figura 10. Boxplot of the bimonthly absenteeism rates (%) of the elementary school classes of three schools in the District of Terra Nova, Careiro da Várzea, for the period from 2005 to 2015.



Fonte: Produzido pelos autores

When analyzing the bimonthly rates of absenteeism by grade, we observe the tendency that the younger the grade the higher the absenteeism rate. This is because younger students may be more vulnerable and in situations of greater risk are prevented by parents and guardians from attending school.

The correlation between the annual rates of absenteeism of each grade and the maximum and minimum levels of the Negro River was verified. Data from the 2nd ($r = -0.51$, $p = 0.11$) and 3rd ($r = -0.60$, $p = 0.05$) grade are statistically associated with the minimum quota. In these two cases, the highest rates of absenteeism in these series are observed in years with more intense ebb (i.e., lower minimum quota). This corroborates the assessment that extreme ebb event represents more severe environmental stresses in educational systems. Less attendance in this period can be justified by the deterioration in accessibility due to the interruption of river transportation and the obstacles and great distances that students have to travel from their homes to school sites. Thus, for the school systems, extreme floods are not the most stressful event, because schools in the region are already built to deal with these events, with high floors, in addition to which, during this period, river access to schools is facilitated and there is regular student transport offer (Figure 11).

In Amazonas, the distances between rural communities are large, and the practice advocated by the Ministry of Education at supporting schools only in densely populated communities leads some children to travel more than 2 hours to study. In the ebb season, the routes traveled by fluvial transport tend to be smaller, however to reach the places of embarkation, the students cross stretches, previously covered by water, by long unsafe trails and exposed to the attack of venomous animals (MENDES et al., 2008). The situation may worsen in schools that do not have a water supply system, since the distancing of the river channel and the reduction of flow makes the task of collecting and manually transporting water difficult or impossible.

Figure 11. Aspects of student transportation and adapted architecture of rural primary schools in Terra Nova district, Careiro da Várzea, Amazonas, Brazil (2016).

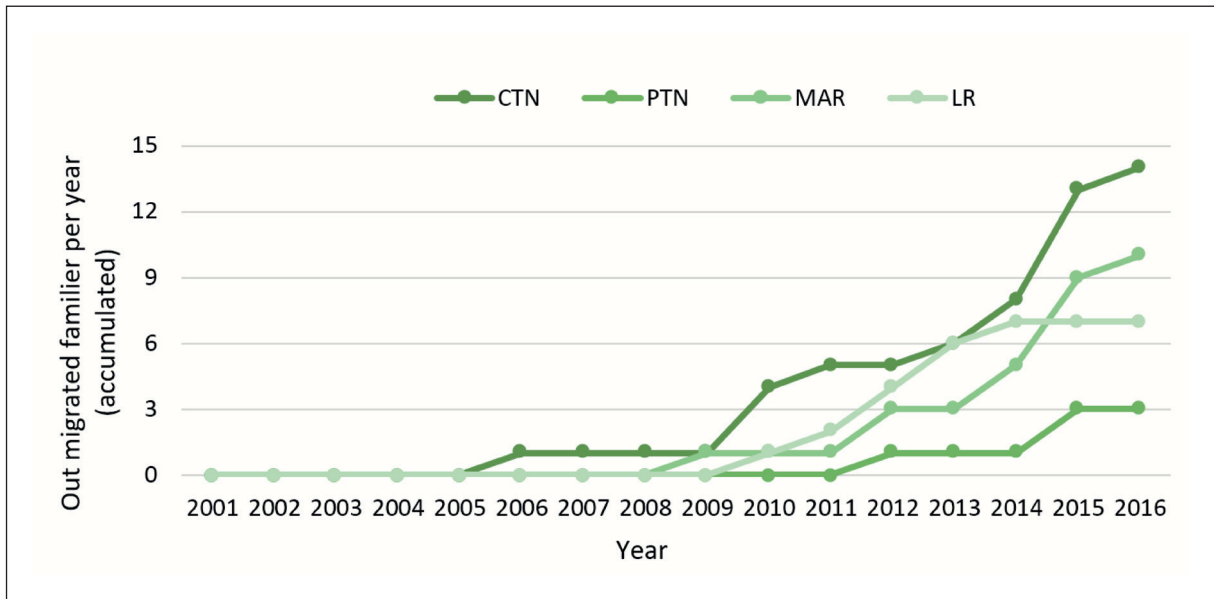


Fonte: Produzido pelos autores

Out migration as resilience indicator

The families assisted by the interviewed community health agents add up to a total of 220 households whose records could be verified adequately. Until 2005 there is no record of emigration. The first record is of only one family that left the locality in the year 2006, one year after the extreme ebb of 2005. Since 2009, the first year of abnormal flood of the series, emigrations have been accumulating in the four communities. The highest peak occurred in the year 2015, when 11 families emigrated. In that year both a flood and an abnormal ebb occurred, it may have pushed the larger number of migrant families to leave their communities (Figure 12).

Figure 12. Out migration of families from rural communities of the Terra Nova District in Careiro da Várzea municipality, Amazonas, Brazil, from 2000 to 2016. (CTN = Costa da Terra Nova; PTN = Paraná da Terra Nova; MAR = Marimba; LR = Lago do Rei).



Fonte: Produzido pelos autores

Although not statistically significant, the regression coefficients indicate that the flood ranking ($R^2 = 0.24$) explains the number of families that emigrate in a given year more than that of the ebbing population ($R^2 = 0.03$). For the period in which there was emigration registration, that is, between the years 2005 and 2016, the occurrence of an extreme flood.

Figura 13. Multiple regression analysis between number of out migrated families per year from and rank of the maximum (flood) and minimum (ebb) water level of the Negro river at Manaus.

	Coeff.	Std.err.	t	p	R ²
Constant	7,78	3,27	2,38	0,04	–
LOG10 (Flood Rank)	– 2,52	1,41	– 1,79	0,11	0,24
LOG10 (Ebb Rank)	– 1,37	1,77	– 0,77	0,46	0,03

Fonte: Produzido pelos autores

Final remarks

The perception of the regularity and predictability of the seasonal changes of floodplain environments of the Amazonian rivers has been fundamental for the development of adaptive responses by the human populations that inhabit or exploit these environments. This perception of regularity and the regularity of the system itself allowed them to associate

signs of nature that anticipate the triggering of seasonal changes and help them predict their intensities until recently. At present, these populations have come to realize that the patterns of seasonality of rivers have been changing.

The perception that changes in the regularity and intensity of seasonal flooding are underway is a major and common feature of the four localities studied. The recent escalation of extreme hydrological events has led to significant and perceptible changes in the floodplain landscape of the Amazonian rivers, producing negative impacts on the productive and subsistence activities of the human populations residing and exploiting these ecosystems. Most of the residents of Terra Nova district believe that the abnormal flood recorded in 2009 was the most significant event in triggering the catastrophic death of tree species. At least 30 different tree species cultivated in agroforestry or wild systems native to the floodplain were affected by climatic events.

In the last two decades, more drastic changes in the landscape due to the occurrence of extreme hydrological events seem to surpass the resilience of riverine socioecological systems. Although both floods and extreme ebbing represent severe environmental stresses for the educational system, lowest water levels seem to cause greater impacts when attendance is considered as an indicator of the functioning of the school system. It was also observed that the younger children are the most affected by extreme events, since the absentee rate of this group more vulnerable increases with the severity of the ebb.

It can be concluded from the indicators evaluated that the recent scheduling of extreme events, such as floods or abnormal ebbing, may be forcing riverine SES beyond their resilience limits, which should have been perceived by at least 15% of the families that have abandoned their places of origin since 2005. The development of spontaneous adaptive responses by affected populations may be hampered by the unpredictability of these phenomena, and it is therefore urgent to provide precautionary measures for protection and defense of floodplain communities.

References

ACSERALD, H. **Ambientalização das lutas sociais: o caso do movimento de justiça ambiental.** Estudos Avançados (USP, Impresso), v. 24, p. 103-120, 2010.

ADAMO, Susana B.. **About mitigation, adaptation and the UNFCCC's 21st Conference of the Parties.** Rev. bras. estud. popul., São Paulo, v. 32, n. 3, p. 609-618, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-30982015000000037>.

ALENCAR, E. F.; de SOUSA, I. S.; GONÇALVES, A. C. T. **Modos de Interação com o Ambiente e Estratégias de Subsistência dos Moradores da Várzea do Rio Japurá (AM).** Fragmentos de Cultura, v. 24, no 2, p. 303-317, 2014.

AMAZONAS. Assembleia Legislativa do Amazonas-ALEAM. **Lei Complementar nº 52**, de 30 de maio de 2007. Institui a Região Metropolitana de Manaus e dá outras providências. 2007.

BARNES, M. L.; BODIN, Ö.; GUERRERO, A. M.; McALLISTER, R. J.; ALEXANDER, S. M.; ROBINS, G. **The social structural foundations of adaptation and transformation in social–ecological systems.** Ecology and Society, v. 22, n. 4, p. 16, 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. 2016. **Portaria No. 150, de 10 de maio de 2016.** Institui o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima e dá outras providências. Diário Oficial da União, No. 89, p. 131-132.

BRITO, A. M.; ALMEIDA, C. M. V. C.; MATOS, P. G. G.; SILVA, G. C. V.; ALMEIDA, L. C. **Cultivo de cacau em várzeas amazônicas.** Boletim técnico nº184. CEPLAC/CEPEC, Ilhéus, 2002.

CAREY, E. V.; BROWN, S.; GILLESPIE, A. J. R.; LUGO, A. E. Lugo. **Tree mortality in mature lowland tropical moist and tropical lower montane moist forests of Venezuela.** Biotropica, v. 26, n. 3, p. 255-265, 1994.

CASTRO, A. P.; FRAXE, T. J. P.; SANTIAGO, J. L.; MATOS, R. B.; PINTO, I. C. **Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas.** Acta Amazônica, v. 39, n. 2, p. 279 – 288, 2009.

FOLKE, C.; CARPENTER, S. R.; WALKER, B.; SCHEFFER, M.; CHAPIN T.; ROCKSTRÖM, J. **Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability.** Ecology and Society, v. 15, n. 4, p. 20, 2010.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. Atlas, São Paulo, Brasil, 2002.

GLOOR, M.; BARICHIVICH, J.; ZIV, G.; BRIENEN, R.; J. SCHÖNGART, J.; PEYLIN, P.; CINTRA, B. B. L.; FELDPAUSCH, T.; PHILLIPS, O.; BAKER, J. **Recent Amazon climate as background for possible ongoing and future changes of Amazon humid forests.** Global Biogeochemical Cycles, v. 29, n. 9, p. 1384 – 1399, 2015.

GLÓRIA, S. A. **Estudos hidrológicos como subsídio para a melhoria do acesso dos alunos do ensino fundamental às escolas ribeirinhas na bacia do Tarumã-mirim, Manaus/AM.** *Dissertação (Mestrado em Geografia)*. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil, 2012.

GUILLAUMET, J-L.; GRENAND, P.; BAHRI, S. ; GRENAND, F.; LOURD, M. ; SANTOS, A. A. ; GÉLY, A. **Les jardins-vergers familiaux d'Amazonie Centrale: un exemple d'utilisation de l'espace.** *Turrialba*, v. 40 n. 1, p. 63-81, 1990.

HAMILTON Jr., D. A. **A logistic model of mortality in thinned and unthinned mixed conifer stands of Northern Idaho.** *Forest Science*, v. 32, n. 4, p. 989-1000, 1986.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. **PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis.** *Palaeontologia Electronica*, v. 4, n. 1, p. 9, 2001. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

HAQUE, M. A.; YAMAMOTO, S. S., MALIK, A. A.; SAUERBORN, R. **Households' perception of climate change and human health risks: A community perspective.** *Environmental Health*, v. 11, no 1, p.1, 2012.

HARRISON, G. W. **Stability under Environmental Stress: Resistance, Resilience, Persistence, and Variability.** *The American Naturalist*, v. 113, n. 5, 659-669, 1979. <https://doi.org/10.1086/283424>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). **Climate Change, 2007: the physical science basis** (summary for policymakers), IPCC Secretariat, Gênova, Italy, 2007.

JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. Sparks. **The flood pulse concept in river-floodplain systems". In: D.P. Dodge, ed. Proceedings of the International Large River Symposium (LARS).** Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Science, v. 106, p. 110-127, 1989.

JUNK, W. J.; PIEADADE, M. T. F.; SCHÖNGART, J.; WITTMANN, F. **A classification of major natural habitats of Amazonian white-water river floodplains (várzeas).** *Wetlands Ecology Management*, v. 20, n. 6, p. 461-475, 2012.

JUNK, W.J.; PIEADADE, M.T.F. **An Introduction to South American Wetland Forests: Distribution, Definitions and General Characterization.** In: *Amazonian Floodplain Forests. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*, edited by Junk W. J. Junk, M. T. F. Piedade, F. Wittmann, J. Schöngart and P. Parolin. Springer, Dordrecht, Germany, 2010.

LAWRENCE, J.; QUADE, D.; BECKER, J. (2014). **Integrating the effects of flood experience on risk perception with responses to changing climate risk.** *Natural Hazards*, v. 74, n. 3, p. 1773–1794, 2014.

MARENGO, J. A.; BORMA, L. S.; RODRIGUEZ, D. A.; PINHO, P.; SOARES, W. R.; ALVES, L. M. **Recent extremes of drought and flooding in Amazonia: vulnerabilities and human adaptation.** *American Journal of Climate Change*, v. 2, p. 87 – 96, 2013.

McLEMAN, R.; SMIT, B. **Migration as an Adaptation to Climate Change**. *Climatic Change*, v. 76, p. 31-56, 2006. <https://doi.org/10.1007/s10584-005-9000-7>

MENDES, L. L. S. A.; RAMOS, T. S.; PONTES, F. A. R.; REIS, D. C.; COSTA SILVA, S. S.; SILVA, S. D. B. **A prática docente em uma escola ribeirinha na ilha do Marajó: um estudo preliminar em contexto naturalístico**. *Educação*, v. 31, n. 1, p. 80-87, 2008.

MILLER, R. P.; NAIR, P. K. R. **Indigenous agroforestry systems in Amazonia: from prehistory to today**. *Agroforestry Systems*, v. 66, p. 151–164, 2006.

NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A. (Org.). **Mudanças climáticas em rede: um olhar interdisciplinar**. São José dos Campos, SP: INCT. 2017. 608 p.

PAOLIN, P.; SIMONE, O.; HASSE, K.; WALDHOFF, D.; ROTTENBERGER, S.; KUHN, U.; KESSEMEIER, J.; KLEISS, B.; SCHMIDT, W.; PIEDADE, M. T. F.; JUNK, W. J. **Central Amazonian floodplain forests: tree adaptations in a pulsing system**. *The Botanical Review*, v. 70, n. 3, p. 357-380, 2004.

PASSOS, M. S.; SOARES, E. A. A. **Análise multitemporal do sistema fluvial Solimões-Amazonas entre os tributários Purus e Negro**, Amazônia Ocidental, Brasil. *Geol. USP, Sér. cient.*, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 61-74, 2017.

PEREIRA, H. S. **A dinâmica da paisagem socioambiental das várzeas do rio Solimões-Amazonas**. In: *Comunidades ribeirinhas amazônicas: modos de vida e uso dos recursos naturais*, edited by T. J. P. Fraxe, H. S. Pereira and A. C. Witkoski. EDUA, Manaus, Brasil, 2007.

PINHO, P. F.; MARENGO, J. A.; SMITH, M. S. **Complex socio-ecological dynamics driven by extreme events in the Amazon**. *Regional Environmental Change*, v. 15, n. 4, p. 643-655, 2015. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10113-014-0659-z>

Porto de Manaus. 2018. Níveis máximo e mínimo do rio Negro. Disponível em: <https://www.portodemanau.com.br/?pagina=niveis-maximo-minimo-do-rio-negro>. Acessado em 20 de outubro de 2018.

RODRIGUES, A. S. B. **Jornalismo e meio ambiente na Amazônia: a cobertura de eventos ambientais extremos pela imprensa escrita de Manaus**. 203 p. Tese (Doutorado em Sociedade e Cultura) – Universidade Federal do Amazonas. 2013.

ROSSI, L. M. B.; KOEHLER, H. S.; SANQUETTA, C. R.; ARCE, J. E. **Modelagem de mortalidade em florestas naturais**. *Revista Floresta*, v. 37, n. 2, p. 275 – 291, 2007.

SAITO, S. M.; SORIANO, E.; LONDE, L. de R. **Desastres naturais**. In: SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. *Sensoriamento Remoto para desastres*. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

SCHÖNGART, J.; JUNK, W. J. **Forecasting the flood-pulse in Central Amazonia by ENSO-indices**. *Journal of Hydrology*, v. 335, n. 1-2, p.124-132, 2007.

SEMENZA, J. C.; PLOUBIDIS, G. B.; GEORGE, L. A. **Climate change and climate variability: personal motivation for adaptation and mitigation.** *Environmental Health*, v. 10, n. 46, p. 1-12, 2011. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-10-46>.

SIMÃO, M. V. R. C. **Mortalidade de cacauzeiros (*Theobroma cacao* L.) em várzeas após cheia extrema no baixo rio Madeira.** *Dissertação de Mestrado*. INPA, Manaus, Brazil, 2017.

SIOLI, H. **Fundamentos da Ecologia da Maior Região de Florestas Tropicais.** Petrópolis, RJ. Editora Vozes, 1990. 2nd. Ed.

SORÍ, R.; MARENGO, J. A.; NIETO, R.; DRUMOND, A.; GIMENO, L. **The Atmospheric Branch of the Hydrological Cycle over the Negro and Madeira River Basins in the Amazon Region.** *Water*, v. 10, p. 738, 2018.

UNISDR. 2015. **Making Development Sustainable: The Future of Disaster Risk Management.** Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. Geneva, Switzerland: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). Disponível em: https://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2015/en/gar-pdf/GAR2015_EN.pdf

UNISDR. 2015b. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030.** Geneva, Switzerland: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR). Disponível em: https://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf

VISSER, E. J. W.; VOESENEK, L. A. C. J.; VARTAPETIAN, B. B.; JACKSON, M. B. **Flooding and plant growth.** *Annals of Botany*, v. 91, n. 2, p. 107–109, 2003.

WITTMANN, F.; JUNK, W. J.; PIEDADE, M. T. F. **The várzea forests in Amazonia: Flooding and the highly dynamic geomorphology interact with natural forest succession.** *For. Ecol. Manage.*, v. 196, p. 199–212, 2004.

YANG, Y.; TITUS, S. J.; HUANG, S. **Modeling individual tree mortality for white spruce in Alberta.** *Ecological Modelling*, v. 163, n. 3, p. 209-222, 2003.

YUN, S.; JUN, Y.; HONG, S. **Social perception and response to the drought process: a case study of the drought during 2009–2010 in the Qianxi'nan Prefecture of Guizhou Province.** *Natural Hazards*, v. 64, no 1, p. 839–851, 2012.

2

ESCASSEZ HÍDRICA E POLÍTICAS PÚBLICAS NO SUDESTE DO TOCANTINS

Fernando de Moraes

Adriana Malvasio

Alessandro Lemos de Oliveira

Leticia Brito de Oliveira Suarte

Fábio da Costa Silva

Rodrigo Santili do Valle

Wherbert da Silva Araújo

Marina Hainzenreder Ertzogue

Com registro secular de notificações de falta de água em diversas partes do mundo, a escassez hídrica vem, ao longo dos últimos anos, alterando paisagens geográficas, mudando aspectos ambientais e interferindo nos sociais. A crise hídrica tem sido classificada como um dos maiores problemas globais, causando preocupações para as pessoas (UNESCO, 2017).

A frequência de eventos hidrológicos extremos, como chuvas intensas e período longos de estiagem, aumenta a vulnerabilidade da população humana como também compromete a segurança alimentar (TUNDISI, 2008).

O Índice de Pobreza Hídrica (IPH), método idealizado por Sullivan, Meigh e Giacomello (2003), analisa o grau de pobreza hídrica de uma região e possibilita ao gestor uma visão holística dos problemas atrelados a esse contexto para uma gestão eficaz da água. Esse indicador expressa uma medida interdisciplinar que relaciona o bem-estar doméstico com disponibilidade de água e indica o grau em que a escassez de água afeta as populações humanas (LAWRENCE; MEIGH; SULLIVAN, 2002).

A construção do IPH perpassa pelos componentes: recurso, acesso, capacidade, uso e meio ambiente, constituídos por diversas variáveis que permitem avaliar a pobreza de água em países, regiões ou comunidades.

As evidências apresentadas a partir da construção desses indicadores permitem aos gestores o delineamento de problemas direta ou indiretamente relacionados à escassez hídrica e podem formar ligações entre pobreza, exclusão social, integridade do meio ambiente, saúde, disponibilidade de água e estabelecer políticas públicas que viabilizem medidas adequadas de mitigação para o enfrentamento de escassez hídrica.

O estado do Tocantins, localizado na Amazônia Legal, apesar de ser drenado por duas grandes bacias hidrográficas (Araguaia e Tocantins), apresenta problemas de escassez hídrica, em especial na região sudeste. Segundo dados da Secretaria de Planejamento Estadual, a região é constituída por 21 municípios, distribuídos em uma área de 48.666,40 km² e abriga uma população de 123.805 habitantes, dos quais 28,3% vivem na zona rural (TOCANTINS, 2017).

De acordo com o Decreto Estadual nº 5.280, de 20 de julho de 2015, foi declarado estado de emergência com consequências danosas e imprevisíveis ao meio ambiente e às respectivas comunidades em decorrência da estiagem prolongada em 27 municípios dos quais 78% estão localizados na região sudeste.

Diante disso, o presente estudo teve por objetivo caracterizar as condições hídricas dos municípios de Aurora do Tocantins e Paranã, localizados na região sudeste do Tocantins, identificando o IPH desses municípios, bem como as políticas mitigadoras de enfrentamento ao processo de escassez de água na região entre os períodos de 2010 até 2017, com destaque para o Programa Tocantins sem Sede com entrega de cisternas.

Optou-se pelos municípios de Aurora do Tocantins e Paranã em razão de ambos terem declarado situação de emergência devido aos efeitos da estiagem e terem sido contemplados pelo Programa Tocantins sem Sede, que faz parte do programa do governo federal Água para Todos. Paranã, por apresentar grande extensão territorial, foi contemplado com maior número de cisternas, 1.539 unidades em 2013.

O estudo foi de natureza quali-quantitativa, com entrevista a uma amostragem de 15 famílias beneficiadas pelo Programa Tocantins sem Sede. O desenvolvimento desse trabalho contribuirá para conhecer o IPH dos municípios e o atual cenário de escassez hídrica vivenciado pelos moradores na região, bem como chamar a atenção para as políticas públicas ali implementadas.

Captação de água e políticas públicas

A água é um recurso indispensável ao desenvolvimento da vida na Terra, mas sua distribuição no mundo é irregular. Com o passar do tempo, a humanidade desenvolveu técnicas para o melhor aproveitamento desse recurso, como também formas de armazená-lo em regiões mais secas, enfrentando, assim, os longos períodos de estiagem.

Segundo Gnadlinger (2000), a coleta e o aproveitamento da água das chuvas têm sido técnicas populares milenares. No século X, já existia agricultura baseada no aproveitamento da água de chuva e as pessoas viviam nas encostas das montanhas onde a água potável era fornecida por cisternas, chamadas *chultuns*, com capacidade de 20 mil a 45 mil litros.

Passador & Passador (2010) informam que várias cidades da Índia apropriaram-se de técnicas de captação de água da chuva para aumentar o nível dos lençóis freáticos e melhorar sua produção agrícola. Com isso várias cidades saíram da condição de importadoras para exportadoras de produtos agrícolas, além de reduzir as taxas de migração durante a década de 1970.

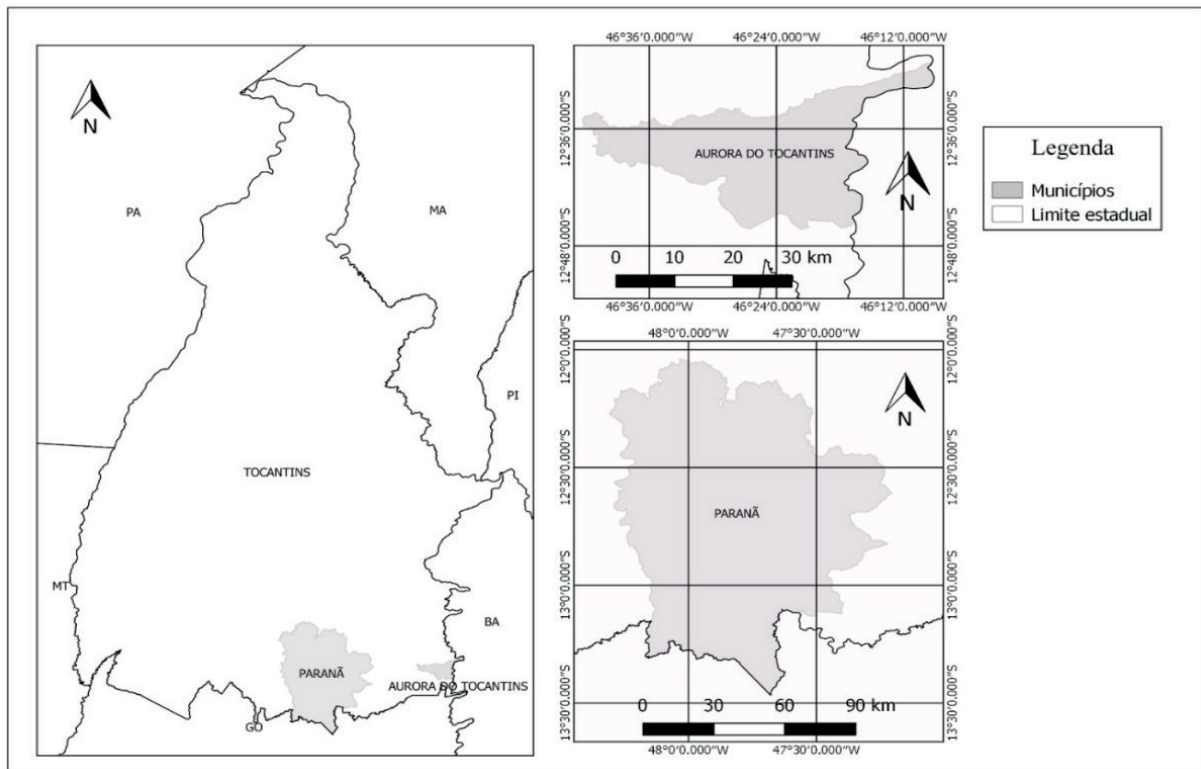
A preocupação em “garantir os socorros públicos” como atribuição do governo está prevista desde a primeira Constituição do Império do Brasil, em 1824, no entanto só foi reconhecida a partir da Grande Seca no Nordeste, entre 1877 e 1879, que levou a óbito centenas de milhares de pessoas (CAMPOS, 2014).

A partir da criação da Articulação do Semiárido (ASA), o Programa 1 Milhão de Cisternas (P1MC) iniciou em 2001 com um projeto piloto financiado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) para construção de 500 cisternas (PEREIRA, 2006). Na expansão dessa política, o Tocantins foi contemplado com o programa Tocantins sem Sede, em junho de 2012, com distribuição de cisternas de polietileno em comunidades rurais conforme registro nº 003069/2012 do Ministério da Integração Nacional, Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água: Água para Todos.

Escassez hídrica e políticas públicas

O estudo foi desenvolvido no Tocantins, especificamente na região sudeste, nos municípios de Aurora do Tocantins e Paranã, conforme Figura 1.

Figura 1. Mapa com a localização das áreas de estudo



Fonte: Mapa elaborado pelos autores (2017)

Apesar de esses municípios pertencerem à mesma região e sofrerem com o mesmo problema de estiagem, seus indicadores sociais apresentam significativas diferenças (Tabela 1).

Tabela 1. Indicadores dos municípios de Aurora do Tocantins e Paranã

INDICADORES	AURORA DO TOCANTINS	PARANÃ
Área de unidade territorial	752,83 Km ²	11.260.216 Km ²
População urbana	3.446 pessoas	10.338 pessoas
Densidade demográfica	4,58 hab./km ²	0,92 hab./km ²
Percentual da população com rendimento nominal mensal per capita de até meio salário mínimo	48,20%	49,60%
Produto Interno Bruto (PIB)/per capita	R\$ 9.273,39	R\$ 16.325,80
Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)	0,677	0,595

Fonte: Dados extraídos da Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins (Seplan, 2017)

Procedimentos de coleta

Optou-se pelas abordagens quali-quantitativa por possibilitar estudar fenômenos em diversos contextos, entendendo como as pessoas percebem os acontecimentos à sua volta, “a pluralização das esferas de vida” (GIBBS, 2009). Subsidiaram-se as argumentações por meio de pesquisa bibliográfica com consulta em sites governamentais, livros e teses em acervos e portais de periódicos nacionais e estrangeiros. Realizou-se entrevista com o gestor da ATS e representantes de 15 famílias beneficiadas pelo Programa Tocantins sem Sede residentes nos municípios de Aurora do Tocantins e Paranã.

A análise documental através de consulta aos órgãos públicos, como IBGE; Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (Ibama); ATS; Secretaria da Agricultura (Seagro) e Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Semarh), foi necessária para construir o Índice de Pobreza Hídrica (IPH) dos municípios que fizeram parte da pesquisa, com base na metodologia proposta por Sullivan et al (2003).

Para finalizar, utilizou-se a técnica de triangulação para realizar inferências sobre as informações obtidas, pois a “[...] triangulação de observações com outras fontes de dados, aliada ao emprego de diferentes observadores, intensificam a expressividade dos dados assim reunidos” (FLICK, 2009).

Índice de pobreza hídrica (IPH)

O índice é composto pelas categorias recurso, acesso, capacidade, uso e meio ambiente (LAWRENCE; MEIGH; SULLIVAN, 2002). Neste estudo, as variáveis utilizadas diferem do modelo originalmente proposto, pois o acesso às entradas necessárias para alimentar o modelo foi um fator limitante. O Quadro 1 apresenta as componentes e as variáveis usadas para o cálculo de cada subíndice.

Quadro 1. Variáveis adotadas para o cálculo das componentes do IPH

COMPONENTE	VARIÁVEIS
Recurso	1. Disponibilidade per capita de água (m ³ /hab/ano)
Acesso	1. Acesso ao abastecimento de água (%) 2. Acesso aos serviços de coleta e tratamento de esgoto (%) 3. Acesso à irrigação (%)
Capacidade	1. PIB per capita (R\$/hab) 2. Índice de GINI (Adimensional) 3. Taxa de mortalidade infantil em menores de 5 anos (%) 4. Índice de alfabetização entre 6 e 14 anos (%)
Uso	1. Consumo per capita de água (L/hab/dia)
Meio ambiente	1. Porcentagem de cobertura vegetal (%) 2. Concentração de oxigênio dissolvido 3. Condutividade elétrica da água superficial (µS/cm)

Fonte: Adaptado de Lawrence, Meigh e Sullivan (2002)

Dada a natureza diversificada das subcomponentes, as mesmas foram normalizadas por meio da equação 1, a qual adota valores máximo e mínimo de acordo com a escala espacial, pois se busca realizar uma comparação.

$$\text{Índice Normalizado} = \frac{(\text{Valor Analisado} - \text{Valor Mínimo})}{(\text{Valor Máximo} - \text{Valor Mínimo})} \quad (\text{Equação 1})$$

O IPH é construído a partir do agrupamento de variáveis que refletem os fatores essenciais à sobrevivência humana e da sua capacidade de se desenvolver, pois a pobreza ocorre a partir das condições em que as pessoas vivem e o grau de escassez indica o quanto a água impacta na população (LUNA, 2007; LAWRENCE, MEIGH, SULLIVAN, 2002).

O modelo matemático originalmente proposto por Sullivan, Meigh e Giacomello (2003) consiste na mediana dos dados que mensuram as componentes. Esse modelo e sua versão simplificada podem ser visualizados nas equações 2 e 3, respectivamente.

$$\text{IPH} = \frac{\sum_{i=1}^N W_{xi} X_i}{\sum_{i=1}^N W_{xi}} \quad (\text{Equação 2})$$

$$\text{IPH} = \frac{w_r R + w_a A + w_c C + w_u U + w_{ma} MA}{w_r + w_a + w_c + w_u + w_{ma}} \quad (\text{Equação 3})$$

Nas equações, IPH é a sigla para o Índice de Pobreza Hídrica. O “w” é o peso atribuído às componentes adotadas para a geração do IPH; e X representa o valor de cada uma das seguintes componentes: recurso (R), acesso (A), capacidade (C), uso (U) e meio ambiente (MA). De acordo com Sullivan, Meigh e Giacomello (2003), o valor do IPH poderá variar entre

0 e 100 (ou entre 0 e 1), sendo que, em virtude da variabilidade dos índices das componentes, foi necessária a normalização dos valores conforme a equação 3, a qual adotou valores máximos e mínimos de acordo com a escala espacial de comparação. Para este estudo, todos os subíndices tiveram o mesmo peso na construção do índice (LUNA, 2007).

a) Recursos

A componente “recurso” foi calculada com base nos dados de disponibilidade hídrica per capita das bacias hidrográficas que drenam as áreas dos municípios em estudo. Tal componente foi simplificada em virtude da ausência de dados significativos de índices de qualidade de água (IQA) e respectiva variação ao longo dos anos. Dessa forma, conforme Sullivan, Meigh e Giacomello (2003), o IPH pode, ainda, ser obtido com os dados existentes no contexto espacial em análise, uma vez que os avaliadores locais tendem a conhecer a dinâmica dos recursos hídricos locais e, portanto, podem identificar variáveis que sejam mais aplicáveis.

Para a normalização dos dados, foram adotadas como disponibilidades hídricas máxima e mínima as vazões anuais per capita de bacias adjacentes às bacias hidrográficas dos rios Manuel Alves e Paranã, que drenam os municípios de Aurora do Tocantins e Paranã respectivamente (ANA, 2006).

b) Acesso

A componente “acesso” foi elaborada a partir dos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o qual fornece dados anuais sobre a cobertura dos serviços de coleta e tratamento de esgoto (MCid, 2015). Além do eixo relacionado ao saneamento básico, foram analisados os percentuais de acesso à irrigação em que se contabilizou o número de propriedades que possuem aproximação a, pelo menos, um dos tipos de irrigação listados no censo agropecuário de 2006: inundação; sulcos; aspersão (pivô central e outras modalidades); localizado (gotejamento e micro aspersão) e outros métodos de irrigação (IBGE, 2006).

No cálculo dos subíndices normalizados de saneamento, adotou-se a escala estadual para os valores máximos e mínimos de cobertura de serviços de saneamento. As porcentagens de áreas irrigadas foram obtidas por meio dos dados do censo agropecuário realizado pelo IBGE em 2006.

c) Capacidade

Para calcular a componente “capacidade”, foram coletadas informações pertinentes às quatro variáveis especificadas no Quadro 2. Os dados foram obtidos por meio de institutos de referência. Apropriou-se do PIB per capita, que mede a atividade econômica, bem como o nível de riqueza de um município; do índice de GINI, que mede o grau de concentração de renda na comunidade; do coeficiente da taxa de mortalidade infantil e da taxa de escolarização entre 6 e 14 anos.

Os valores máximos e mínimos utilizados na normalização foram retirados dos mesmos bancos digitais já pesquisados; no entanto, em função da natureza comparativa dos valores usados na normalização, foi necessário adotar um campo amostral maior.

d) Uso

A variável “uso” foi determinada por meio das informações de consumo de água diário por habitante. A obtenção dos volumes consumidos diariamente foi realizada mediante a consulta do SNIS-MCid, os quais foram, posteriormente, divididos pela população urbana dos municípios em estudo. Dessa maneira, o consumo de água per capita descreve com melhor rigor o consumo urbano diário de caráter doméstico.

e) Meio ambiente

Para avaliar as condições ambientais relacionadas aos recursos hídricos, optou-se por calcular a porcentagem de área coberta por vegetação nativa; assim como a análise dos parâmetros físico-químicos da água de corpos hídricos, tais como a condutividade elétrica e o oxigênio dissolvido dos rios que cortam as áreas de estudo.

Os valores máximos e mínimos adotados na normalização do parâmetro oxigênio dissolvido foram baseados na resolução do CONAMA n° 357, que dispõe sobre as diretrizes de enquadramento dos corpos hídricos; da classificação dos corpos d’água e padrões de lançamentos de efluente (BRASIL, 2005). De acordo com Von Sperling (2007), a condutividade elétrica em corpos hídricos varia entre 10 e 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e, por isso, esses valores foram empregados no processo de normalização do subíndice.

As porcentagens de áreas cobertas por vegetação natural foram adquiridas com o auxílio de arquivos vetoriais de cobertura e uso do solo, os quais foram elaborados pela Seplan na escala de 1:250.000. As porcentagens de áreas cobertas por vegetação nativa foram calculadas com relação à área total de cada município. Os valores encontrados foram pontuados de acordo com a Tabela 2. Os arquivos vetoriais foram manipulados por meio do software livre de geoprocessamento QGIS, versão 2.18.

Tabela 2. Pontuação do subíndice de meio ambiente com base nas faixas cobertura vegetal nativa

COBERTURA PRIMÁRIA/SECUNDÁRIA	PONTUAÇÃO
Cobre > 75%	5
Cobre entre 54-75%	4
Cobre entre 32-53%	3
Cobre entre 15-45%	2
Cobre < 10%	1

Fonte: Maranhão e Oliveira (2010)

O Quadro 2 apresenta as informações coletadas para o cálculo do Índice de Pobreza Hídrica. Nas colunas “Máximo” e “Mínimo” foram listados os valores utilizados para estabelecer as comparações quantitativas dos índices estudados em escala regional/estadual. A escala temporal dos dados contempla bancos de informações dos últimos onze anos. Tal limitação está ligada ao longo intervalo entre os censos realizados pelos gerenciadores dos bancos de informações analisados.

Conforme a tabela 3, Paranã apresentou o pior IPH em uma escala que varia de 0 a 1, em que o número 0 caracteriza um contexto não-sustentável do uso dos recursos hídricos e o valor 1 está relacionado a cenários ideais quanto a gerenciamento de recursos hídricos, isto é, a área em estudo atende às demandas antrópicas e naturais quanto ao uso dos recursos hídricos locais.

Um estudo realizado pelo Ministério do Meio Ambiente sobre a bacia hidrográfica Tocantins/Araguaia mostra que a zona de menor precipitação ocorre na faixa a oeste de Paranã, na divisa com a região Nordeste, com valores médios de 1 mm/mês entre junho e agosto. Esse fenômeno caracteriza-se pela ocorrência de aumento das precipitações com a diminuição da latitude (sentido sul-norte); a distribuição e o total das precipitações geralmente ocorrem em razão dos sistemas de circulação atmosférica (BRASIL, 2006).

Quadro 2. Dados utilizados no cálculo dos índices das componentes do IPH

	VARIÁVEIS/ SUBÍNDICES	AURORA DO TOCANTINS	PARANÃ	FONTES	ANO	MÁXIMO	MÍNIMO
Recurso	Disponibilidade per capita de água (m ³ /hab/ano)	185.076,4	86,769	ANA	2006	316988,2	6457,6
Acesso	Acesso ao abastecimento de água (%)	71,48	63,27	IBGE/ MCid-SNIS	2015	100	30,7
	Acesso ao sistema de coleta e tratamento de esgoto (%)	0	0	IBGE/ MCid-SNIS	2015	71,07	0
	Acesso à irrigação (%)	0	2,38	IBGE	2006	42,81	0
Capacidade	PIB per capita (R\$/hab)	9273,39	16325.8	IBGE	2014	67958,98	6029,38
	Índice de GINI	0,6931	0,6539	M. Saúde	2010	0,76	0,43
	Taxa de mortalidade infantil em menores de 5 anos (Coeficiente)	19,3	23,6	Atlas do Brasil - PNUD	2010	41,36	13,28
	Taxa de escolarização entre 6 e 14 anos	97,9	94,06	IBGE	2010	99,49	88,09
Uso	Consumo per capita de água (L/hab/dia)	151,39	87,68	IBGE/ MCid-SNIS	2015	3.200,34	46,39

	VARIÁVEIS/ SUBÍNDICES	AURORA DO TOCANTINS	PARANÃ	FONTES	ANO	MÁXIMO	MÍNIMO
Meio Ambiente	Porcentagem de cobertura vegetal nativa (%)	41,74	88,18	SEPLAN-TO	2007	5	1
	Condutividade elétrica da água (unidade)	43,7	79,6	SEMARH-TO	2017	100	10
	Oxigênio dissolvido (mg/L)	7,99	6,73	SEMARH-TO	2017	9,2	5

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Segundo Ogata (2014), os resultados do IPH podem ser classificados de acordo com as categorias apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3. Da classificação do IPH

RESULTADO DO IPH	CLASSIFICAÇÃO
0 – 0,3	Crítica
0,3 – 0,4	Alta
0,4 – 0,5	Moderada
0,6 – 0,9	Baixa
0,9 – 1	Insignificante

Fonte: Adaptado de Ogata (2014)

Observou-se que, em Aurora do Tocantins, a componente “recurso” apresentou o dobro do valor atribuído a Paranã. Para explicar esse resultado, é necessário destacar que as bacias hidrográficas nas quais os municípios estão inseridos apresentaram taxas de disponibilidade hídricas per capita relativamente diferentes em virtude do contingente populacional e das vazões regionalizadas de cada bacia (Quadro 2). De acordo com a subdivisão adotada, a bacia hidrográfica do rio Paranã/Tocantins possui vazão de 1,033.8 m³/s para atender uma população de 15.956 habitantes. A bacia do rio Manuel Alves, que engloba Aurora do Tocantins, tem a vazão de 199.3 m³/s e abastece uma população de 33.960 habitantes (ANA, 2006). Portanto, a razão entre vazão e população das bacias influenciou nos resultados verificados para a componente “disponibilidade”.

No que se refere ao “acesso” aos recursos hídricos, o subíndice de saneamento (água e esgoto) descreve melhor o cenário urbano das áreas estudadas, pois o SNIS oferece somente dados de abastecimento de água tratada e distribuída por uma concessionária ou entidade governamental (MMA, 2015). No Quadro 2, percebe-se que ambas as comunidades urbanas não foram beneficiadas pelos serviços de coleta e tratamento de efluentes, sendo válido ressaltar que a população urbana de Paranã é atendida por uma concessionária privada; Aurora do Tocantins está sob os cuidados da ATS.

Em relação à componente “capacidade”, Paranã apresentou índice inferior quando comparado à Aurora do Tocantins. Reconhece-se que o investimento para melhorar o IDH de um município implica investir em educação e saúde, porque o IDH abrange, além dessas dimensões básicas, a renda (PNUD, 2014). Ao ranquear os valores de IDH dos 139 municípios tocantinenses, Paranã ocupa a 117ª posição; Aurora do Tocantins, a 22ª. Portanto, dentre as variáveis que constituem a componente “capacidade”, percebe-se que há diferenças significativas em todas as dimensões analisadas. A taxa de mortalidade infantil em Paranã é maior do que em Aurora do Tocantins, alcançando 23,61 óbitos por 1000 nascidos vivos; em Aurora do Tocantins, a taxa está em 18,83.

Outro ponto observado em relação aos indicadores sociais é a distribuição de renda. Carneiro et al. (2012) enfatizam que a renda é o indicador que melhor representa a possibilidade de acesso aos produtos e serviços básicos para o bem-estar e a qualidade de vida, no entanto aproximadamente 49% da população desses municípios sobrevivem com a metade de um salário mínimo. Essa é uma realidade presente no Brasil, apesar de ser considerado a maior economia da América Latina, é um país altamente desigual (PNUD, 2014).

No que diz respeito à educação, Paranã apresenta menor taxa de escolaridade em relação a Aurora do Tocantins. Os dados do IBGE, 2010, mostram que mais de 50% das pessoas de Paranã vivem na zona rural. Nesse sentido, Peres (2009) ressalta que o analfabetismo é considerado um dos exemplos mais graves de exclusão educacional e social, e a grande maioria desses excluídos encontram-se na zona rural. Dessa forma, acredita-se que a grande extensão territorial associada aos baixos índices de precipitação pluviométrica tornam o município vulnerável e dificultam a implementação de políticas públicas que melhorem a qualidade de vida das comunidades nessas regiões.

No cálculo da componente “meio ambiente”, Paranã obteve o índice de 0.73, superior ao de Aurora do Tocantins que pontuou apenas 0.53. Conforme Sullivan, Meigh e Giacomello (2003), a componente “meio ambiente” avalia os fatores ambientais que podem impactar na qualidade dos recursos hídricos. No contexto dos municípios em estudo, é importante notar que a porcentagem de cobertura vegetal nativa da unidade administrativa de Paranã foi mais do que o dobro daquela apresentada por Aurora do Tocantins. Dessa forma, a variação das porcentagens de cobertura nativa influenciou no índice encontrado para a componente “meio ambiente” de Paranã.

Tabela 3. Valores individuais das componentes e os valores de IPH para cada município

COMPONENTES	AURORA	PARANÃ
Recurso	0.58	0.26
Acesso	0.20	0.18
Uso	0.03	0.01
Capacidade	0.48	0.43
Meio Ambiente	0.53	0.73
Índice de Pobreza Hídrica	0.36	0.32

Fonte: Elaborada pelos autores (2017)

Maranhão e Oliveira (2010) relacionaram a pobreza hídrica do município de Crateús-CE com a componente ambiental do IPH e concluíram que as questões ambientais influenciam a esfera socioeconômica, que, dessa maneira, refletiram nos baixos valores de IPH.

A aplicação do Índice de Pobreza Hídrica em Paranã e Aurora do Tocantins evidenciou que, apesar da pequena diferença entre os valores obtidos nas áreas de estudo, essas cidades se encontram em situação de alta pobreza hídrica.

Dessa forma, fez-se necessário identificar e analisar as políticas públicas implementadas na região voltadas para o fornecimento de água nos períodos de estiagem, como o Programa Tocantins sem Sede.

Para o gestor da Agência Tocantinense de Saneamento, a seleção das famílias beneficiadas seguiu os requisitos básicos exigidos pelo programa, como morar em zona rural, ter renda de até R\$ 140,00 (cento e quarenta reais) por pessoa e integrar o cadastro único dos programas sociais. Entretanto, algumas famílias que foram beneficiadas não se enquadraram nos critérios citados.

Segundo o gestor da ATS, “existiram muitas pessoas de má fé, por exemplo, que não preenchiam os critérios estabelecidos, mas colocaram outras pessoas, como o caseiro, para que o fizessem, identificaram outras áreas para preencher o cadastro e depois as cisternas foram colocadas naquela área” (Entrevista com gestor da ATS realizada em 1 nov. 2017).

A meta do Programa Tocantins sem Sede era que até 2014 estivessem instaladas 100% das cisternas, no entanto constatou-se que houve instalação de apenas 12% até o início de 2015 (TOCANTINS, 2017).

Observou-se que, embora a componente “recurso” do IPH mostre que Aurora do Tocantins esteja localizada em uma bacia hidrográfica com maior disponibilidade de recursos hídricos, o município também foi atendido pelas ações do Programa Tocantins sem Sede em agosto de 2017, haja vista que desde 8 de julho de 2006 Aurora lista entre aqueles municípios que decretaram situação de emergência em razão da estiagem prolongada (BRASIL, 2017; ANA, 2006).

Para abastecer as cisternas entregues às comunidades, a ATS afirmou que em julho de 2017 foi necessário utilizar 60 carros pipas para atender os 27 municípios da região sudeste, que enfrenta grande estiagem. Ao comparar a média anual dos regimes de precipitação dos dois municípios no período de 2013 a 2017, em Aurora choveu a média de 1371 mm/ano; em Paranã, apenas 711mm/a (INMET, 2017), quantidade significativa quando comparada ao município de Igaraci, localizado no sertão pernambucano, onde choveu 344,6 mm/ ano (PASSADOR e PASSADOR, 2010), o que confirma a viabilidade da implementação da política de implantação de cisternas na região sudeste do Tocantins.

Importante citar que após a distribuição das cisternas muitas famílias continuaram a sofrer com escassez de água. Em Paranã os moradores chegavam a percorrer até 10 km para obter água; vários moradores relataram que, em épocas de estiagem, pagam de R\$ 70,00 (setenta reais) a R\$ 200,00(duzentos reais) por um caminhão pipa com água. Como afirma um dos moradores do Programa Tocantins sem Sede: “não tem outro recurso, o jeito é vir na cidade mesmo, há um povoado mais próximo, mas não tem o caminhão que faz o transporte da água e também tem a água no povoado, mas falta o transporte, né? e o caminhão pipa fica mais de R\$ 200,00” (Entrevista com João realizada em Paranã, em 7 nov. 2017).

Segundo o gestor da ATS, em 2017 foram perfurados 24 poços tubulares profundos (PTP) em onze municípios, com o investimento de aproximadamente R\$ 120.000,00 (cento

e vinte mil reais) por perfuração. Entretanto, em muitos casos, a baixa vazão de água não é suficiente para suprir a demanda, além dos casos de poços com alta concentração de elementos químicos que fogem dos padrões de qualidade preconizados pelo Ministério da Saúde.

A preocupação com os problemas de estiagem na região sudeste do Tocantins foi inserida na pauta de representantes da Câmara e do Senado, que solicitaram a inclusão dos municípios da região sudeste no grupo de municípios que compõe o Semiárido Brasileiro, segundo a ATM (2017). Até o momento, permanecem nas páginas do Ministério da Integração apenas os 1.262 municípios pertinente aos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, da Paraíba, Bahia, de Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Minas Gerais (BRASIL, 2018).

Concluindo, vimos que este estudo identificou as condições hídricas de Aurora do Tocantins e de Paranã por meio da construção do Índice de Pobreza Hídrica (IPH) desses municípios. Após análise de todos os dados obtidos verificou-se que Paranã apresenta escassez hídrica maior que a de Aurora do Tocantins. Esses resultados tornam-se importantes tendo em vista que no Brasil a aplicação do IPH tem se limitado às regiões em que já existe um contexto mais severo de escassez hídrica. Acredita-se que no Tocantins o IPH seria estratégia viável para os gestores se apropriarem de informações que viabilizem uma política intersetorial que contribua para minimizar os problemas gerados pela estiagem nas regiões com baixos índices pluviométricos.

Constatou-se a viabilidade do programa Tocantins Sem Sede, no entanto algumas ações, como a inclusão de pessoas que não atendiam aos requisitos básicos do programa e a pouca oferta de caminhões pipa para abastecer as cisternas nos períodos de estiagem, dificultaram o desenvolvimento do programa. Pode-se concluir que essas ações influenciaram a preferência dos moradores por perfuração de novos poços para ter água o ano todo.

Diante da realidade verificada nas áreas de estudo e das políticas públicas ali implementadas, menciona-se a necessidade de ações que visem à manutenção dos poços artesianos em virtude da diminuição da vazão deles verificada nos últimos anos.

Por fim, os resultados apresentados na pesquisa indicaram proximidade quanto aos valores do IPH dos municípios pesquisados, ressaltando-se que Aurora do Tocantins apresenta maior disponibilidade hídrica em relação a Paranã e que as ações voltadas para a escassez hídrica necessitam ser melhoradas para que contemplem a todos que necessitam do acesso à água.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Caderno da região hidrográfica do Tocantins Araguaia**. Brasília: MMA, 2006.

BRASIL. Constituição (1824) **Constituição Política do Império do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1824.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. Ministério da Saúde. Índice de Gini da renda domiciliar per capita – **Brasil**. Datasus. Brasília: Ministério da Saúde, 2010. Disponível em: < <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/ibge/censo/cnv/ginibr.def> > Acesso em: 01 nov. 2017.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de informações sobre saneamento**. Disponível em <<http://app3.cidades.gov.br/snisweb/src/Sistema/index>> Acesso em 29 nov 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Tocantins**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao02032011035943.pdf>. Acesso em 1 nov. de 2017 2015

BRASIL. **Resolução CONAMA 357 de 17 de março de 2005**. Brasília, DF, 2005. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em 14 nov. 2017.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística –IBGE. Brasil, Tocantins. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/panorama>> Acesso em 20 ago 2018.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário, 2006**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf>. Acesso em 1 nov. de 2017.

BRASIL. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/>> Acesso em 20 ago. 2018.

BRASIL. **Ministério da Integração Nacional**. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Delimitação do Semiárido. Disponível em <<http://sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitacao-do-semiarido>> Acesso em 25 ago. 2018.

CAMPOS, J.N. B. **Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos, Estudos avançados**, São Paulo, v. 28 n. 82, 65-88, Dec. 2014. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142014000300005. Acesso 03 nov. 2017.

CARNEIRO, F.F.; NETTO, G.F.; CORVALAN, C.; FREITAS, C.M.; SALES, L. B. F. **Saúde ambiental e desigualdades: construindo indicadores para o desenvolvimento sustentável. Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17 n. 6, p. 1419-1425, junho 2012.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GIBBS, G. **Análise de dados qualitativos**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GNADLINGER, J. **Colheita de água de chuva em áreas rurais**. Juazeiro, BA: Irpaa, 2000.

LAWRENCE, P.; MEIGH, J.; SULLIVAN, C. The water poverty index: na international comparison. **Keele Economics Research Papers**. Keele, UK, p.1-24, 2002.

LUNA, R. M. **Desenvolvimento do índice de pobreza hídrica (IPH) para o Semiárido brasileiro**. 2007. 138f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

MARANHÃO, R. M. R.; OLIVEIRA, V. P. V. **Aplicação do Índice De Pobreza Hídrica (IPH) para semiárido cearense, Nordeste do Brasil**. In: VI SEMINÁRIO LATINO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA. 2010. Coimbra.

OGATA, I. S. **Desenvolvimento do índice de pobreza para a bacia do rio Paraíba**. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

PASSADOR, C. S.; PASSADOR, J. L. **Apontamentos sobre as políticas públicas de combate à seca no Brasil: cisternas e cidadania?** Cadernos Gestão Pública e Cidadania, v. 15, n. 56, 2010. Disponível em <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/cgpc/article/viewFile/3203/2096>> Acesso em 20 ago 2018.

PEREIRA, M. S. **Programa de formação e mobilização social para a convivência com o Semiárido Brasileiro: 1 milhão de cisternas rurais (P1MC).** Juazeiro, 1º dez. 2006. Entrevista concedida a Andréa Moreira Duarte Arraes e Helder Libório Feitosa Arraes.

PERES, M. A. de C. **Velhice e analfabetismo, uma relação paradoxal: a exclusão educacional em contextos rurais da região Nordeste.** Sociedade e Estado, Brasília, v. 26, n. 3, p. 631-662, set/dez 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-69922011000300011> Acesso em 24 nov 2017.

PNUD. Relatório do Desenvolvimento Humano. **Sustentar o Progresso Humano: Reduzir as Vulnerabilidades e Reforçar a Resiliência.** 2014, Disponível em <http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr2014_pt_web.pdf> Acesso em 20 dez. 2017.

TOCANTINS. Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins – SEPLAN. **Perfil socioeconômico dos Municípios (2017).** Disponível em: <<http://seplan.to.gov.br/estaTItica/perfil-socioeconomico/versao-2017/>> Acesso em: 23 out. 2017.

QGIS, versão 2.18, software livre de geoprocessamento. Disponível em <https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html> Acesso em 20 ago 2018

SULLIVAN C. A.; MEIGH, J. R., GIACOMELLO, A. M. **The water poverty index: development and application at the community scale.** Natural Resources Forum, Albuquerque, MEX, v.27, p.189-199, 2003.

TOCANTINS. **Associação Tocantinense de Municípios.** Disponível em: <<http://www.atm-to.org.br/noticia-2321-atm-pede-a-bancada-federal-apoio-financeiro-conclus-o-de-rodovias-e-inclus-o-de-munic-pios-no-semi-r>>, Acesso em: 05 nov. 2017.

TOCANTINS. **Decreto nº 5.280, de 20 de julho de 2015.** Diário Oficial do Estado do Tocantins, Palmas, nº 4.418, p. 2, jul. 2015.

VON SPERLING, M. V. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG. 2007.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. World Water Assessment Programme. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2017.** Águas residuais, recurso inexplorável. Itália, 2017. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002475/247552por.pdf>>, Acesso em: 6 out. 2017.

3

A PROBLEMÁTICA HÍDRICA NAS TERRAS INDÍGENAS DO POVO AKWĒ-XERENTE, TOCANTINS, BRASIL

*Elineide E. Marques,
Edivaldo Dias Barbosa,
Eugislane Moreira Lima,
Kássia da Costa Vieira,
Rayssa Lima de Melo,
Kellen Lagares F. Silva.*

A história dos povos indígenas no Brasil é marcada pelas lutas por seus territórios desde a colonização portuguesa. Contudo, no período atual, a Constituição de 1988 (BRASIL, 1988) tornou-se o principal marco para os direitos indígenas, em especial os fundiários. Atualmente, as terras indígenas (TI) representam 12,74% do território nacional e fornecem os meios necessários à sobrevivência física e cultural dos povos originários (LIMA E. M., 2016).

A colonização do Brasil gerou fronteiras culturais e territoriais que perduram até os dias atuais e colocam-nos diante da questão do processo de significação e ressignificação sofrido pelos povos indígenas desde os primeiros contatos com os europeus (LIMA, L. G. B., 2016).

Ainda segundo Lima, E.M. (2016), em paralelo aos direitos fundiários dos povos originários, percebe-se a tendência crescente de se conceber as TI também como espaços propícios à preservação ambiental e conservação da biodiversidade em seus territórios. A Constituição estabelece esses direitos no art. 231: “São reconhecidos aos índios sua organização social, costumes, línguas, crenças e tradições, e os direitos originários sobre as terras que tradicionalmente ocupam, competindo à União demarcá-las, proteger e fazer respeitar todos os seus bens”. O art. 231 da CRFB/88 ainda declara em seus incisos:

§ 1º São terras tradicionalmente ocupadas pelos índios as por eles habitadas em caráter permanente, as utilizadas para suas atividades produtivas, as imprescindíveis à preservação dos recursos ambientais necessários a seu bem-estar e as necessárias à sua reprodução física e cultural, segundo seus usos, costumes e tradições.

§ 2º As terras tradicionalmente ocupadas pelos índios destinam-se a sua posse permanente, cabendo-lhes o usufruto exclusivo das riquezas do solo, dos rios e dos lagos nelas existentes.

A carta magna do Brasil estabelece a necessidade de preservação dos recursos ambientais necessários à sobrevivência indígena, bem como o usufruto das riquezas naturais, como a água.

A água é um dos elementos fundamentais para a sobrevivência dos seres vivos. Alguns povos indígenas a utilizam como símbolo material, espiritual e social, em suas crenças, tradições e costumes e, ainda, para a criação de animais e irrigação agrícola (BRUNI, 1994; AZANHA, 2005).

Assim, os desafios enfrentados pelos povos indígenas não se restringem à luta pelo reconhecimento de seus territórios e à conservação de seus recursos naturais. Exemplo disso são as ameaças e pressões sofridas em seus territórios pelos povos indígenas no Brasil em diversos aspectos: a expansão das atividades agrícolas, invasão das TI por madeireiros, garimpeiros e outros (L.E.M LIMA, 2016; ISA, 2017). Corroborando com isso, temos relatos de indígenas que retratam essa realidade.

[...] os brancos estão plantando perto da nossa aldeia, e isso é ruim, estão contaminando os nossos rios, as nossas matas, plantando ao redor de toda a nossa terra, e nós não temos remédio para o veneno deles, mas se nós ficamos doentes, nós retiramos da nossa terra, do cerrado, a cura (KARAJÁ, Parente (Ilha do Bananal) - informação verbal²)

[...] hoje os índios precisam comprar comida na cidade, e os *kupen* ainda falam, porque que vocês indígenas compram comida na cidade? E eu respondo, “porque vocês *kupen* estão acabando com nossas matas, com nossos animais, sujando nossos rios, acabando com nossos peixes” (GAVIÃO, Ancião. Palestrante Convidado. [jul. 2015] – informação verbal³).

No Tocantins, existem exemplos dessa realidade. A saber, o povo Karaká-Xambioá, situado ao norte do Tocantins, sofre diversas ações externas, como o avanço do agronegócio, e com isso a contaminação com agrotóxicos, o avanço dos limites da “cerca” da TI, a exploração ilegal dos recursos naturais no entorno e na própria TI e, além disso, existe a preocupação dos Karajá-Xambioá com atividades de grandes empreendimentos que podem afetá-los diretamente (LIMA E. M., 2016).

Nesse contexto, encontram-se as TI do povo Akwẽ-Xerente, localizadas no município de Tocantínia/TO, objeto deste estudo, que, segundo Flores et al. (2016), sofrem pressões de diversas ordens, como a presença de colonos e fazendeiros, de caçadores e pescadores não indígenas, além da circulação de atravessadores de madeira e artesanato. Outras pressões são as produzidas por grandes fazendas de monocultivo de soja e cana-de-açúcar que circundam as TI e fazem uso extensivo de agrotóxicos e fertilizantes químicos. Esses insumos contaminam o solo e afetam os córregos, que, em muitos casos, têm suas nascentes fora dos limites das TI.

O povo Akwẽ-Xerente utiliza a água para atividades do cotidiano. Seu território é habitado tradicionalmente pelo povo Xerente, que se autodenomina Akwẽ (gente), falante do “Akwen”, de família linguística Jê. A população nas TI soma aproximadamente 3.500 pessoas que vivem em aldeias (FLORES et al., 2016).

2 Curso Básico de Formação em PNGATI para o Cerrado. Brasília/DF.

3 Curso Básico de Formação em PNGATI para o Cerrado. Brasília/DF

De acordo com relatório técnico⁴ produzido pelo projeto de pesquisa que estuda as TI afetadas por grandes empreendimentos na Amazônia brasileira (2015), o povo Akwẽ-Xerente relata sua percepção no que diz respeito aos recursos hídricos disponíveis em suas TI.

[...] a degradação do meio ambiente causada pelos empreendimentos compromete a nossa pesca, a produção dos nossos alimentos nos cultivos tradicionais, gera a seca dos rios e a falta da caça [...]

[...] Todos estes impactos são agravados ainda mais pelos efeitos das mudanças climáticas globais que os territórios indígenas estão enfrentando.

Entendendo a importância da água como bem comum, o trabalho analisou a problemática hídrica desde a década de 1990 levando em consideração a evolução do uso e ocupação do entorno das TI Funil e Xerente. As análises foram realizadas a partir da caracterização territorial dos municípios do entorno das TI e suas atividades socioeconômicas; da análise da variação hidrométrica da bacia hidrográfica do rio Sono; da descrição do uso e ocupação do solo no entorno das TI, visando à conservação da água como bem essencial comum e a definição de políticas públicas que possam garantir esses direitos.

Caracterização das TI – os Akwẽ-Xerente

A história de contato dos Akwẽ-Xerente com a sociedade nacional corresponde a mais de 200 anos. Farias (1990) relata que os primeiros contatos dos Akwẽ-Xerente com os não índios se deram no século XVII e se intensificaram a partir da segunda metade do século XVIII, quando passaram por processos de aldeamento e catequização. De acordo com Lima, L.G.B (2016), no período das políticas de aldeamentos no Brasil, os Akwẽ-Xerente estiveram presentes em alguns aldeamentos da Capitania de Goiás.

Nos estudos de Ribeiro (1996), os Akwẽ são mencionados como uma das tribos do Brasil Central. Ainda segundo o autor, os Akwẽ-Xerente eram numerosos, em torno de cinco mil e tinham contato com a “vida civilizada”, “com os cristãos”.

Para Lima, L.G.B (2016) Jê-Akwẽ, que compreendiam os povos Xerentes e Xavantes, tinham o domínio geográfico do sertão goiano, que constituía seu território, sobre aqueles de outras etnias. Farias (1994) *apud* Lima (2016) afirma que a identificação nacional dos Jê-Xerente tornou-se conhecida a partir do momento que eles começaram a defender seu território contra o avanço do colonizador, que compreendia as porções de terras entre o médio Tocantins e o rio Manuel Alves.

No contexto de disputa territorial ao longo do século XX entre os Xerente e os não indígenas, acirram-se as disputas com os criadores de gado. Nesse sentido, Lima, L.G.B (2016), aponta que a ocupação por criadores de gado de áreas tradicionalmente habitadas pelos Xerente pode ter sido facilitada por algumas ações do Serviço de Proteção ao Índio (SPI), primeiro órgão governamental responsável por tratar dos interesses indígenas que, depois de

4 O documento citado refere-se ao projeto de pesquisa: Gestão Participativa da Biodiversidade em Terras Indígenas Afetadas por Barragens na Amazônia Brasileira, elaborado pela Universidade Federal do Tocantins em parceria com a Universidade da Flórida em 2015, que em seus anexos traz entrevista realizada com o povo Xerente, afetado pela construção da barragem da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães.

extinto, deu lugar à Fundação Nacional do Índio (Funai) em 1967, com a missão de proteger os direitos dos povos indígenas.

Na década de 1940, o povo Akwẽ-Xerente foi apresentado como uma população pequena e desintegrada, em colapso, a ponto de extinção, período em que viveu talvez sua pior crise, com grande perda populacional, cujo efeito sociocultural ainda não foi devidamente estudado (LIMA, L.G.B., 2016; SCHROEDER, 2006).

Após diversos conflitos territoriais ao longo de décadas (1940 a 1970) entre os Akwẽ-Xerente e os criadores de gado dos municípios da região, diversos eventos contribuiriam para as demarcações das TI dos Akwẽ-Xerente. As TI Funil e Xerente, ambas localizadas em Tocantínia, margem direita do rio Tocantins, a 70 km de Palmas (capital do estado), foram reconhecidas em períodos diferentes. A TI Xerente, denominada Área Grande, com área total de 167.542.1058 ha, foi identificada oficialmente pela Funai como área ocupada pelos Akwẽ-Xerente em 1972. A TI Funil, com 15.703.7974 ha, foi oficialmente identificada como ocupada pelos indígenas em 1982 (LIMA, L. G.B., 2016). Contudo, as TI só tiveram suas terras homologadas em 1989 e 1991, respectivamente, por meio do Decreto nº 97.838, de 16 de junho de 1989 - TI Xerente e Decreto nº 269, de 29 de outubro de 1991 - TI Funil.

As TI do povo Akwẽ-Xerente limitam ao norte com o município de Pedro Afonso; a leste com Rio Sono; e ao sul com os municípios de Aparecida do Rio Negro e Tocantínia.

Organização social e política

As TI dos Akwẽ-Xerente são habitadas tradicionalmente pelo povo Xerente, que se autodenominam Akwẽ (gente/povo), e são falantes do “Akwen”, da família linguística Jê. Atualmente, a população nas TI indígenas é cerca de 3.814 pessoas que vivem em 74 aldeias (Figura 1) (LIMA, L. G.B., 2016).

A organização social tradicional desse povo está centrada na oposição simétrica entre metades multidualistas. A diferença entre as metades se apresenta nas pinturas corporais e seus respectivos clãs patrilineares, no sistema de nomeação, em práticas funerárias, corridas de toras e nas formas de tratamento interpessoal (FLORES et al., 2016).

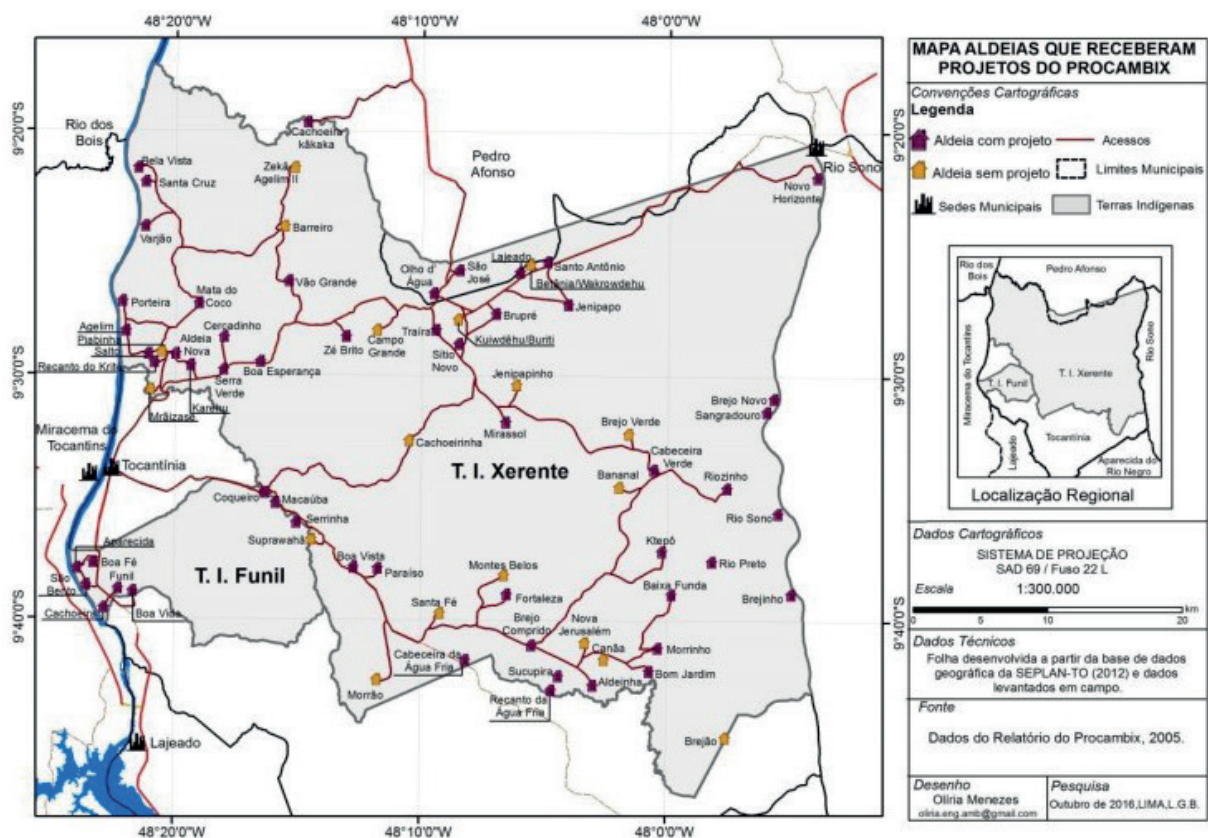
Para Flores et al. (2016), a organização social atual dos Xerente pode ser melhor compreendida como um conjunto composto por grupos de aldeias; aldeias próximas geralmente são resultado de sucessivas cisões (conflituosas ou não) de uma “aldeia-mãe”. Aldeias derivadas de uma cisão recente geralmente permanecem geograficamente próximas e mantêm relações que culminam na realização de cerimônias em que a complementaridade das metades e das segmentações clânicas são muito valorizadas - especialmente na realização dos cerimoniais de nomeação masculina e feminina, denominados pelos Akwẽ de *Dasĩpsê*.

Segundo Flores et al. (2016), atualmente o território Akwẽ-Xerente está organizado em cinco conjuntos de aldeias, considerando também a TI Funil, contígua à TI Xerente. Cada conjunto serve também como referência em relação à logística administrativa, o que tende a reforçar a unidade de cada conjunto de aldeias.

A representatividade político-social também é exercida pelas associações de base comunitária. Atualmente o povo Xerente conta com um conjunto de associações que representam sua divisão política: Associação Indígena Akwẽ (AIA); Associação Indígena Xerente (AIX); Organização Indígena Aldeia *Ktepo* Xerente (OIAKX); União Indígena Xerente

(UNIX) e mais recentemente a Associação *Waktidi* dos Indígenas Xerente. Há também a Associação dos Brigadistas Akwẽ-Xerente de Preservação e Controle às Queimadas e Combate a Incêndios Florestais (ABIX), que congrega representantes de várias aldeias. As TI também são representadas em âmbito nacional pela Mobilização dos Povos Indígenas do Cerrado (MOPIC) e pela Articulação dos Povos Indígenas do Tocantins (ArPIC) (FLORES et al., 2016). Essas instituições representativas possuem reconhecimento local, interétnico e nacional; possuem, também, forte impacto na defesa dos direitos dos povos indígenas, garantindo direito à saúde, educação, terra e aos recursos naturais imprescindíveis ao desenvolvimento e manutenção do povo Akwẽ-Xerente.

Figura 1. Mapa de localização das aldeias que receberam projetos do Procambix



Fonte: LIMA, L. G.B., 2016. p. 177

Aspectos socioambientais das TI dos Akwẽ-Xerente

As TI possuem a atribuição constitucional de garantir os direitos dos povos originários, porém, cumprem também a função secundária de preservação ambiental. Pelo texto constitucional (CF,1988), a dimensão ambiental do conceito de TI volta-se à preservação dos recursos necessários à sobrevivência física e cultural dos povos originários. Todavia, é importante deixar claro que o componente ambiental das TI se volta à proteção dos povos, de suas formas e uso dos recursos e ocupações territoriais (LIMA, E. M., 2016).

Para Miller (2008), é indiscutível a importância das TI para a conservação da biodiversidade brasileira, ao mesmo tempo em que essa biodiversidade é fundamental à manutenção física, cultural e econômica dos povos indígenas. Já para Duarte (2011), a relação entre os indígenas e a natureza é bastante característica, uma vez que suas formas de vida guardam estreita dependência do ambiente. A conservação do ambiente é condição fundamental para perpetuação de sua cultura nos moldes habituais.

No caso dos Akwẽ-Xerente, essa relação não é diferente; no perímetro das TI há importantes manchas de Cerrado que são conservadas por meio de seu modo de vida tradicional e da riqueza de seus conhecimentos sobre o uso e manejo da flora e fauna desse bioma.

Atualmente, grandes empreendimentos impactam as TI, a exemplo da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães (UHE Lajeado) que alterou as atividades de pesca e a agricultura de vazante praticadas pelos indígenas. A fim de amenizar esses impactos, criou-se em 2002 o Programa de Compensação Ambiental Xerente (Procambix) (Figura 1). Esse projeto afetou a organização social e territorial com a criação de muitas aldeias novas, além de afetar as relações de produção e a economia com a tentativa de substituir as roças tradicionais de toco por roças baseadas na agricultura mecanizada.

Hoje em dia há preocupação em se retomar os roçados tradicionais e interesse em recuperar as sementes originais que, por diversos motivos, não foram mais plantadas durante a execução do Procambix. Nos roçados são cultivados principalmente o milho, a mandioca, o feijão guandu, o inhame, entre outros. Os produtos das roças são complementados com coleta de frutos da mata e do Cerrado, como o buriti, a bacaba e o pequi (FLORES et al., 2016).

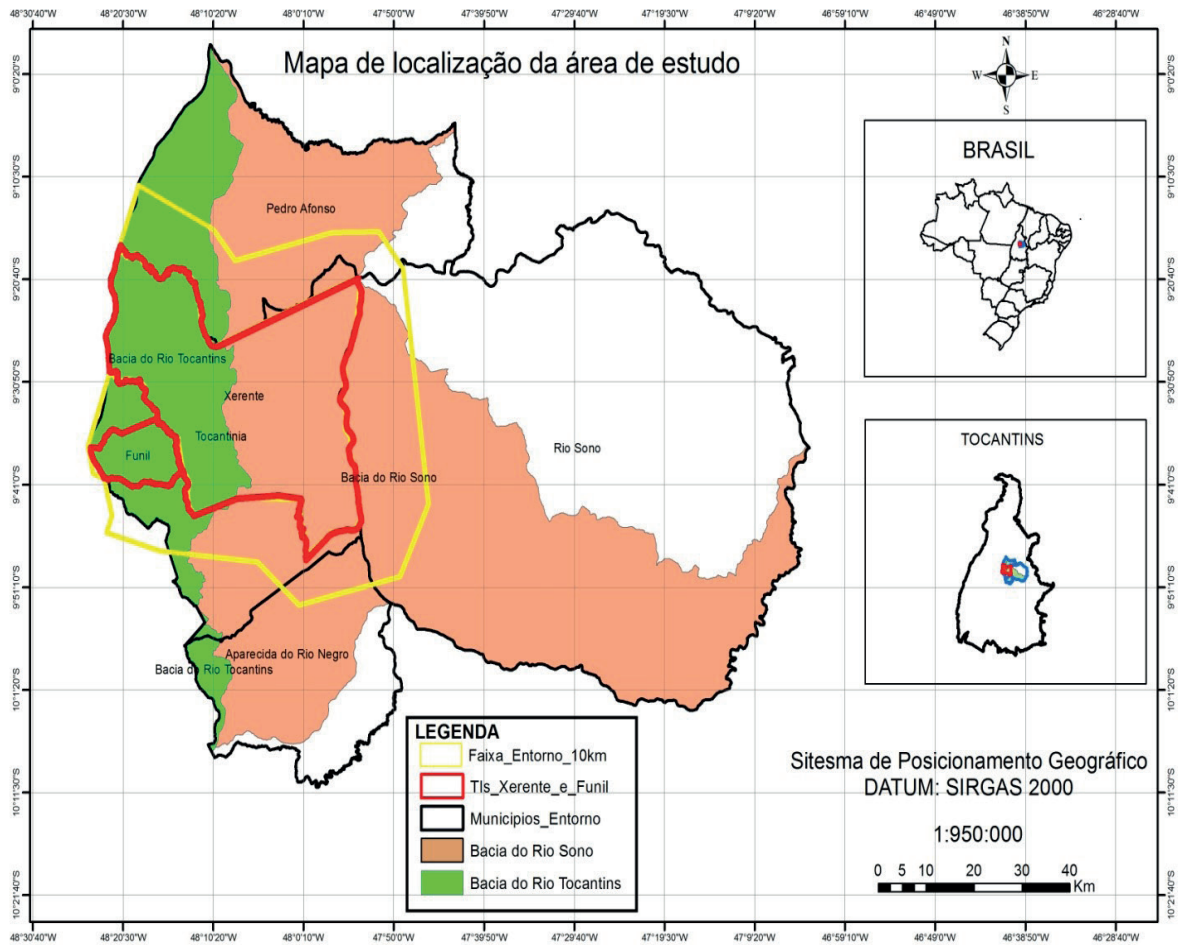
Segundo Lima, L.G.B (2016), o projeto Procambix abrangia várias áreas, como zoneamento, agroecologia, saúde, educação, cultura, segurança alimentar e outras. Para a autora, o subprojeto do Procambix que mais se destacou entre os Xerentes foi o de roça mecanizada, a principal mudança no modo de vida dos indígenas que até então utilizavam a roça de toco. O impacto direto de implantação da UHE Lajeado foi o controle da vazão do rio Tocantins. Com o fim da vazante e o conseqüente fim da prática de plantio nas áreas que antes alagavam, restou apenas o plantio em terra firme, cujo resultado da colheita depende muito da regularidade do ciclo anual das chuvas e do emprego de tecnologias.

Metodologia

Este trabalho considerou como área de estudo as TI Funil e Xerente (são as terras ocupadas pelos povos indígenas) e aldeias indígenas que representam locais onde os povos indígenas residem (Manual técnico de uso da terra- IBGE, 2006). Essas TI são banhadas pelas bacias dos rios Tocantins (à oeste) e Sono (à leste) (Figura 2).

Para análise da problemática hídrica, levou-se em consideração apenas a bacia hidrográfica do rio Sono, na qual as pressões sofridas pelas TI são intensas, principalmente pelas práticas agropecuárias desenvolvidas nos municípios vizinhos.

Figura 2: Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores, com base de dados do IBAMA, 2017

A caracterização territorial e socioeconômica dos municípios do entorno das TI foi realizada por meio de levantamento bibliográfico. Para tanto, foram utilizados dados do IBGE referentes ao censo demográfico de 2010 (e atualizações) e dados agropecuários de 1996, 2006 e 2016. Além disso, foram obtidas informações a partir dos sites oficiais de secretarias estaduais, como Secretaria de Desenvolvimento da Agricultura e Pecuária (Seagro), Secretaria de Planejamento e Orçamento (Seplan). As informações obtidas foram utilizadas para a elaboração dos mapas de descrição das unidades geomorfológicas e caracterização do relevo da área de estudo.

Para efeitos de estudo da variação na disponibilidade hídrica da região que abrange os quatro municípios estudados, foram coletados, através da plataforma de coleta de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), dados fluviométricos (vazão em m³/s e nível em cm) e pluviométricos (chuva horária em mm) da bacia do rio Sono, monitorados pela Estação Porto Real, localizada no município de Pedro Afonso, código 22900000, altitude 200, latitude – 09° 18' 24.84" S, longitude – 47°, 55' 45.12" W. Os registros diários da Estação Porto Real foram totalizados em nível mensal e para as análises em questão a série histórica foi delimitada no espaço temporal dos anos hidrológicos de 2007/2017 por conta da disponibilidade de dados.

A partir dos dados de leitura realizados diariamente pela plataforma e disponibilizados no site da ANA, foram compilados gráficos em Excel para análise das variações hidrométricas da bacia do rio Sono. Cabe destacar que o índice pluviométrico se refere à quantidade de chuva

por metro quadrado em determinado local e em dado período sendo calculado em milímetros.

Para tratamento dos dados pluviométricos e de nível do corpo hídrico, as informações foram separadas por períodos hidrológicos iniciando em outubro de cada ano e terminando em setembro do ano seguinte.

Para tratamento dos dados de vazão, as informações foram separadas por períodos de estiagem e chuva entre 2014 e 2017 por conta da disponibilidade de dados. Ressalta-se que, como as medidas de leituras das réguas limnimétricas são realizadas diariamente em intervalos de 15 em 15 minutos, por vezes deixou-se de registrar dados de nível e vazão no período estudado.

A fim de identificar o quantitativo de uso dos recursos hídricos na região de estudo, foram coletados os dados de outorga de direito de uso de recursos hídricos expedidos entre 2002 e 2017, como quantidade de licenças expedidas, pontos de captação, vazão máxima de captação, disponibilizados pelo Instituto Natureza do Tocantins (Naturatins).

Cabe destacar que a variação temporal em relação aos dados hidrométricos está relacionada à disponibilidade de dados divulgados pelos órgãos de monitoramento (ANA e Naturatins).

Para a análise do uso e ocupação do solo no entorno das TI, foi delimitada uma faixa de 10 km considerando o critério utilizado para a zona de amortecimento em unidades de conservação, conforme Resolução Conama 13/90 (BRASIL, 1990). Sabe-se que a publicação da Resolução Conama 437/15 (BRASIL, 2015) determinou um novo raio de amortecimento de 3000 m, entretanto, a fim de abarcar maior área de influência, optou-se pela manutenção da primeira. Como recorte temporal, utilizou-se preferencialmente o ano de 1990, levando-se em consideração o marco de criação do estado do Tocantins; e os anos de 2000 e 2017, em função da disponibilidade dos dados.

Para a construção dos mapas (escala utilizada 1:50.000), gerou-se arquivo vetorial utilizado no recorte da imagem de satélite Landsat. Em seguida o vetor gerado foi transferido para o software ArcGIS 9.1 utilizando-se os módulos Arc Catalog, Arc Map e Arc Toolbox. As imagens de satélites foram adquiridas no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) aos usuários cadastrados e do acervo do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama). As imagens orbitais foram do satélite/sensor LandSat 5/TM, com resolução espacial de 30m, referentes à órbita e ponto 222/66 e 222/67, com passagem em junho dos anos 1990 e 2000 (Quadro 1). Para o ano de 2017, utilizaram-se imagens do satélite Sentinel_2A, com resolução espacial de 10m, disponíveis no site <https://remotepixel.ca>, órbita e ponto 22LCQ e 22LHQ (Quadro 1).

Quadro 1. Satélite, data da imagem, órbita ponto e bandas utilizadas em cada imagem no mapeamento

SATÉLITE/ SENSOR	DATA DA IMAGEM	ÓRBITA/PONTO	BANDAS UTILIZADAS
Landsat 5/TM	14/06/1990	222/66 e 222/67	3, 4 e 5
Landsat 5/TM	14/06/2000 e 08/07/2000	222/66 e 222/67	3, 4 e 5
Sentinel-2	05/09/2017	22LCQ e 22LHQ	2, 3 e 4

Fonte: Elaborado pelos autores

As imagens de ambos os satélites são fornecidas com ortorretificação que, no caso do satélite Landsat 5, ocorre pelo sistema GLS-LANDSAT, que prioriza a ausência de nuvens, a cobertura integral da área de estudo e a captação preferencialmente nas estações secas (junho e setembro). As imagens foram georreferenciadas a partir das coordenadas extraídas da base cartográfica, baseadas em rede hidrográfica, conjunto de estradas e distribuição das áreas urbanas.

Em seguida as imagens foram recortadas a partir do *Shapefile* da faixa delimitada. Na sequência foi selecionada a composição das bandas da imagem Landsat a partir da melhor diferenciação dos elementos para os anos de 1990 e 2000: bandas 3(B), 4(G) e 5(R). Para 2017, utilizaram-se as bandas 2(B), 3(G) e 4(R), do Satélite Sentinel. A interpretação visual das imagens foi realizada visando à determinação do mapeamento de uso e ocupação do solo no entorno das TI. A vetorização do uso do solo dos anos de 1990, 2000 e 2017 foi realizada de forma analógica levando-se em consideração agricultura e pecuária.

Os dados vetoriais relativos à vegetação remanescente, à hidrografia e aos municípios envolvidos foram adquiridos por meio da Secretaria Estadual de Planejamento e Orçamento do Estado do Tocantins (SEPLAN, 2017).

Os dados vetoriais referentes às delimitações das TI foram adquiridos por meio do site da Funai, no qual se encontra disponibilizada toda a base de dados georreferenciados das TI já demarcadas e em estudo no país (FUNAI, 2017).

Os dados vetoriais referentes à delimitação do CAR (Cadastro Ambiental Rural) foram adquiridos no Naturatins e disponibilizados pelo Ibama através do Núcleo de Monitoramento e Informações Ambientais (NMI – SUPES – Ibama TO) e representam as propriedades que se encontram registradas no sistema SIG/CAR.

A análise da problemática hídrica vivenciada pelo povo Akwẽ-Xerente foi feita a partir da sobreposição das imagens com as informações sobre uso e ocupação do solo nos diferentes anos analisados e comparados com os *layers* de vegetação, hidrografia, localização das aldeias e o CAR de 2017.

Caracterização socioeconômica dos municípios do entorno da TI

Os municípios confrontantes às TI são: ao norte, Pedro Afonso; a leste, Rio Sono; e ao sul, os municípios de Aparecida do Rio Negro e Tocantínia. Aparecida do Rio Negro possui população de pouco mais de 4.200 pessoas e seu PIB ocupa a 42ª posição no estado (IBGE, 2010). Esse fato se deve principalmente ao cultivo de soja e milho e também ao aumento na criação de rebanho bovino (IBGE, 2016) – Quadro 2. Parte de seu território encontra-se no raio de abrangência da Área de Preservação Ambiental (APA) Serra do Lajeado, entretanto é crescente a expansão agrícola perto das fronteiras protegidas (APA e TI Funil e Xerente), onde se encontram elevadas quantidades de nascentes que abastecem a bacia hidrográfica do rio Sono (Figuras 3 e 4).

Quadro 2. Quadro síntese dos aspectos socioeconômicos

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO (HAB.)	ÁREA TERRITORIAL (HA)	ATIVIDADE ECONÔMICA	ÁREA PLANTADA (HA)	PIB	INCENTIVOS
Aparecida do Rio Negro	4.200	116.036,8	Agricultura Pecuária	23.351	42º	APA Serra do Lajeado
Pedro Afonso	11.500	201.090,2	Agricultura Pecuária Turismo	50.180	2º	PRODECER III Empresa BUNGE (açúcar e álcool)
Rio Sono	6.200	635.436,7	Agricultura Pecuária	1.460	128º	Projeto UHE Monte Santo (em processo de licenciamento)
Tocantínia	6.700	260.160,3	ICMS Ecológico	3.180	133º	Contém a TI

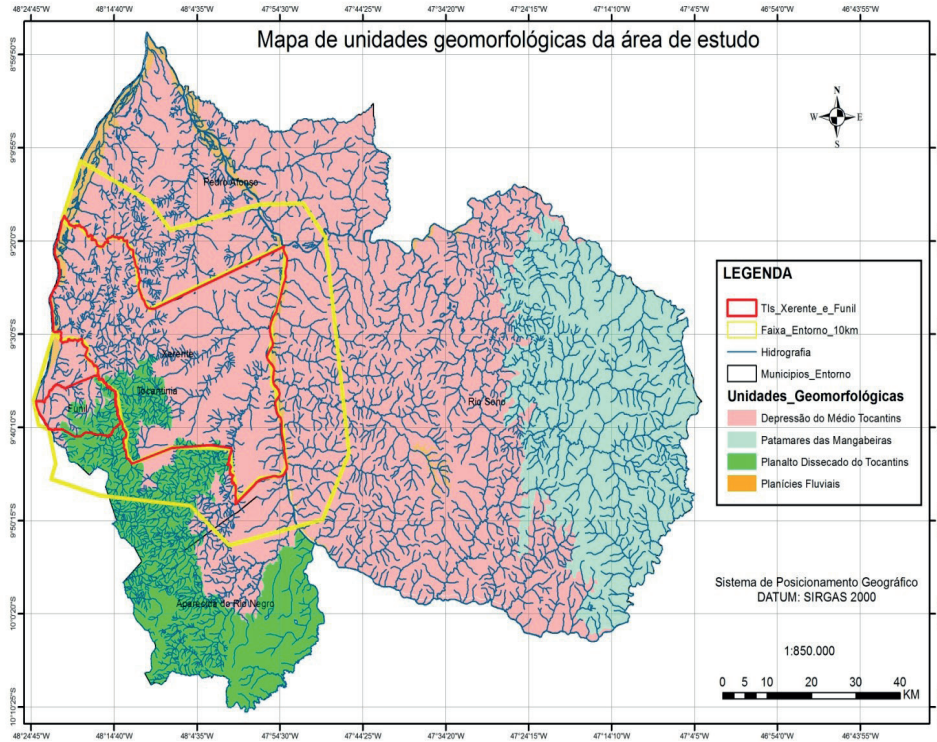
Fonte: IBGE, 2016 / SEPLAN, 2017. Elaborado pelos autores

Pedro Afonso se encontra na confluência dos rios Tocantins e Sono, tem suas origens ligadas às TI⁵. Entre os municípios estudados é o mais populoso, com 11.500 habitantes. Destaca-se por sua economia, tendo atualmente o 2º maior PIB estadual (IBGE, 2010), composto basicamente pelos ramos de agricultura, pecuária e o turismo sazonal, em especial no mês de julho, quando as praias do rio Sono atraem turistas e movimentam a economia municipal (Quadro 2). Por suas características naturais, propícias para o desenvolvimento rural (Figura 3), o município recebeu incentivos para produção agrícola, destacando-se a implantação a partir da década de 1990 de programas como o Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento do Cerrado (PRODECER III), que com recursos japoneses e brasileiros financiou a expansão da cultura de soja, que até então era incipiente no município (ABREU, 2011; TOCANTINS, 2016). Outro marco para a produção agrícola municipal foi a instalação da empresa de agronegócio e alimentos Bunge em 2011 (BUNGE, 2011) e o consequente incremento do cultivo da cana de açúcar na agricultura local, o que propiciou o aumento do PIB municipal (GOMES JR, 2015). A partir disso infere-se maior demanda de água local, uma vez que é utilizada tanto na produção agrícola quanto no processamento industrial da cana.

5 Relata-se que há cerca de 170 anos a comitiva do missionário Frei Rafael Taggia, que objetivava a catequização das aldeias Xerentes, instalou-se e formou aldeia com casas improvisadas e uma capela que posteriormente transformou-se em distrito e cidade (PREFEITURA DE PEDRO AFONSO, 2017).

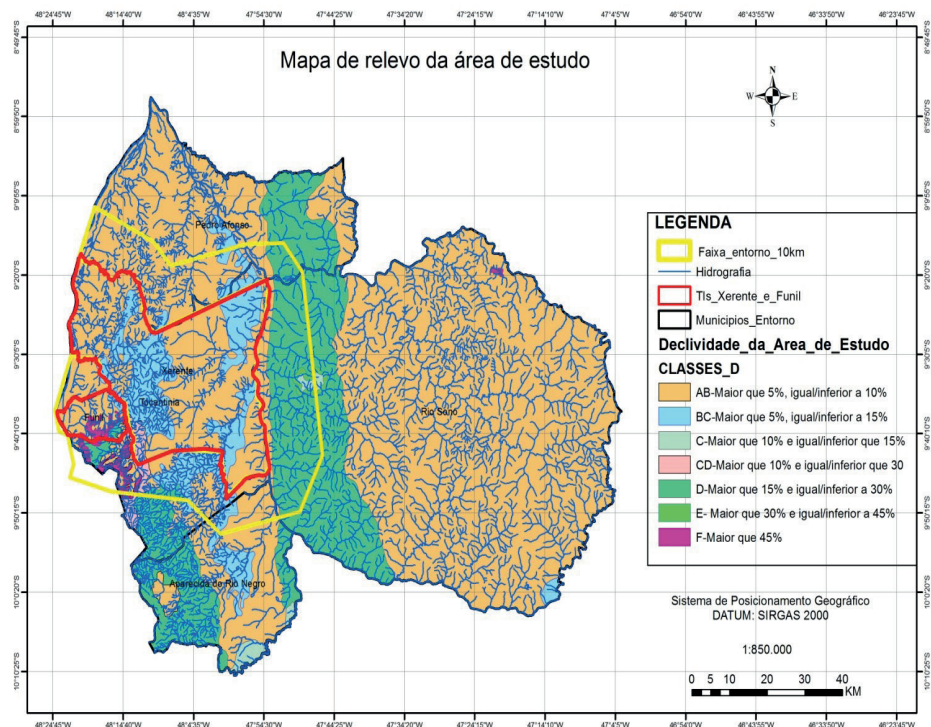
Caracterização física dos municípios do entorno da TI

Figura 3. Mapa de unidades geomorfológicas da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores, com base de dados descrita na metodologia, 2017

Figura 4: Mapa de relevo da área de estudo



Fonte: Elaborado pelos autores, com base de dados descrita na metodologia, 2017

O município de Rio Sono conta com população de aproximadamente 6.200 habitantes e é banhado pelo rio de mesmo nome (IBGE, 2010). Sua economia ainda é irrisória quando comparada aos demais municípios do estado, ocupando o 128º lugar no PIB estadual, com atividades voltadas à produção agropecuária, especialmente a criação de rebanho bovino (TOCANTINS, 2016; IBGE, 2016). Um grande empreendimento que impacta o rio Sono é a proposta para implantação da Usina Hidrelétrica de Monte Santo, prevista para a divisa dos municípios de Rio Sono e Novo Acordo (NATURATINS, 2017) – Quadro 2.

Tocantínia, município que abriga as TI Funil e Xerente, tem sua origem⁶ relacionada aos indígenas que ali vivem (IBGE, 2010). Possui em seu território inúmeros afluentes das bacias hidrográficas Tocantins e Sono, especificamente dentro das TI. Sua população encontra-se por volta de 6.700 pessoas, contando os que vivem em área urbana, rural e nas TI. Em termos econômicos, o município é dos mais irrelevantes, seu PIB ocupa a 133ª posição no estado. Por ter a maior parte do território protegido por Lei Federal, são oferecidos incentivos como o ICMS Ecológico, que repassam ao município determinado valor monetário como apoio às TI (NATURATINS, 2013). Não são observadas grandes produções agropecuárias; as existentes estão voltadas à subsistência (IBGE, 2016) – Quadro 2.

Assim, como síntese da caracterização socioeconômica (Quadro 2), percebe-se que os municípios limítrofes às TI possuem como vocação a produção agropecuária, inclusive utilizam quase que exclusivamente essas atividades como fonte econômica, apoiados por projetos e incentivos estatais que as estimulam e proporcionam sua expansão. Entretanto, inversamente ao crescimento econômico, destaca-se o retrocesso ambiental, tendo em vista que essas atividades demandam forte exploração dos recursos naturais, em especial a água.

Observa-se por meio dos mapas produzidos que os municípios confrontantes com a área de estudo se encontram na região compreendida pela unidade geomorfológica da Depressão do Médio Tocantins, cujo posicionamento topográfico é mais baixo em relação às demais unidades geomorfológicas da área estudada (VILLELA & NOGUEIRA, 2011) (Figura 3). Nessas áreas a composição dos solos é formada por plintossolos, cuja ocorrência está relacionada a terrenos de várzeas, marcados por alagamento ou encharcamento periódico, o que lhes confere melhor potencial agrícola.

Além disso, apresentam ainda regiões de latossolos, passíveis de utilização com culturas anuais, perenes, pastagens e reflorestamento, com declividade que raramente ultrapassa 7% (Figura 4), o que facilita sua mecanização. São solos profundos, porosos, bem drenados, bem permeáveis mesmo quando muito argilosos, friáveis e de fácil preparo (EMBRAPA, 2013). Já a leste, em Rio Sono, o declive do relevo encontrado varia entre 15% a 30% (SEPLAN, 2012), não sendo propício para a produção agrícola, tendo em vista que sua condição é caracterizada pela predominância de áreas inclinadas a fortemente inclinadas, mais indicadas às práticas de pecuária e de silvicultura.

A partir do mapa de relevo (Figura 4) observa-se que a sul e norte das TI a região correspondente aos municípios de Aparecida do Rio Negro e Pedro Afonso, respectivamente, o relevo apresenta percentual de declividade que varia entre 5% e 10%

⁶ Suas origens remetem a 1860, quando Frei Antônio de Ganges, visando à catequese, instala-se à margem direita do rio Tocantins e constrói ali uma capela, iniciando o povoado de Piabanha, atual Tocantínia.

considerado como área de superfície inclinada, geralmente com relevo ondulado, em que o declive por si só normalmente não dificulta o uso de máquinas agrícolas, o que favorece a produção (SEPLAN, 2012). Esse fato pode ser confirmado quando observadas as áreas produtivas dos municípios, que indicam a relação de área plantada em ha com a produção em toneladas nos anos de 2006 e 2016 (Quadro 3).

Nota-se que a área plantada nos municípios aumentou consideravelmente, entretanto, sua área produtiva em muitos casos triplicou ou aumentou desproporcionalmente, como no caso de Pedro Afonso em 2016 (Quadro 3). Atribui-se esse fato à tecnificação da produção; diversas variáveis, como “utilização de máquinas, tratores, irrigação, insumos químicos, melhoramento genético de plantas e animais, assim como acesso ao crédito agrícola”, aumentaram a produtividade na área plantada (LOCATEL, 2012, p. 2).

Quadro 3. Relação entre a área plantada e a produção

MUNICÍPIO	ANO	ÁREA PLANTADA (HA)	PRODUÇÃO (T)*	PRODUÇÃO (T/HA)
Aparecida do Rio Negro	2016	23.351	68.760	2,94
	2006	5.200	12.537	2,41
Pedro Afonso	2016	50.180	2.391,894	47,66
	2006	52.885	101.195	1,91
Rio Sono	2016	1.460	3.061	2,09
	2006	1.415	2.754	1,94
Tocantínia	2016	3.180	7.008	2,20
	2006	100	120	1,2

Fonte: IBGE, 2016. Elaborado pelos autores

* Soma dos valores de produção de arroz, cana de açúcar, milho, soja e sorgo.

As condições naturais dos municípios, como a geomorfologia, o relevo e a hidrografia (Figuras 3 e 4) favorecem as práticas agropecuárias no entorno das TI Akwẽ-Xerente. Como a declividade faz com que os rios das bacias da região obedeçam ao sentido de drenagem sul-norte, uma preocupação importante é a conservação das nascentes localizadas fora das TI, especialmente aquelas que abastecem a população indígena.

Variação hidrológica

A análise das informações de chuva anual, nível e vazão do rio (Figuras 5, 6 e 7) aponta para a redução na disponibilidade de água na área de estudo.

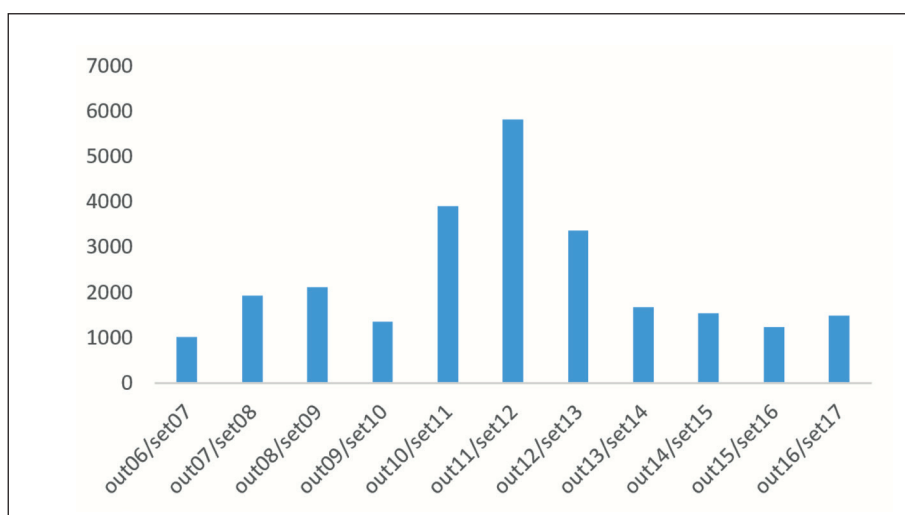
A chuva anual

Nos históricos dos dados monitorados pela estação, observou-se maior incidência de chuva nos meses iniciais e finais do ano; o intervalo entre os meses de maio a setembro é o período de estiagem, com pouca ou nenhuma incidência de chuva.

No período chuvoso, as maiores lâminas médias de precipitação foram registradas nos meses de fevereiro de 2007 (223 mm), abril de 2008 (465 mm), janeiro de 2009 (333 mm), novembro de 2010 (277 mm), dezembro de 2011 (884 mm), dezembro de 2012 (992 mm), janeiro de 2013 (1016 mm), fevereiro de 2014 (403 mm), abril de 2015 (266,6 mm), janeiro de 2016 (395,6) e até o a última leitura de 2017 em fevereiro, com 328 mm.

Entretanto, enquanto os períodos de estiagem e de chuva durante os anos se mostraram bem definidos, no intervalo de tempo analisado, houve bastante oscilação em relação à precipitação anual acumulada (Figura 5).

Figura 5. Índice pluviométrico (mm)

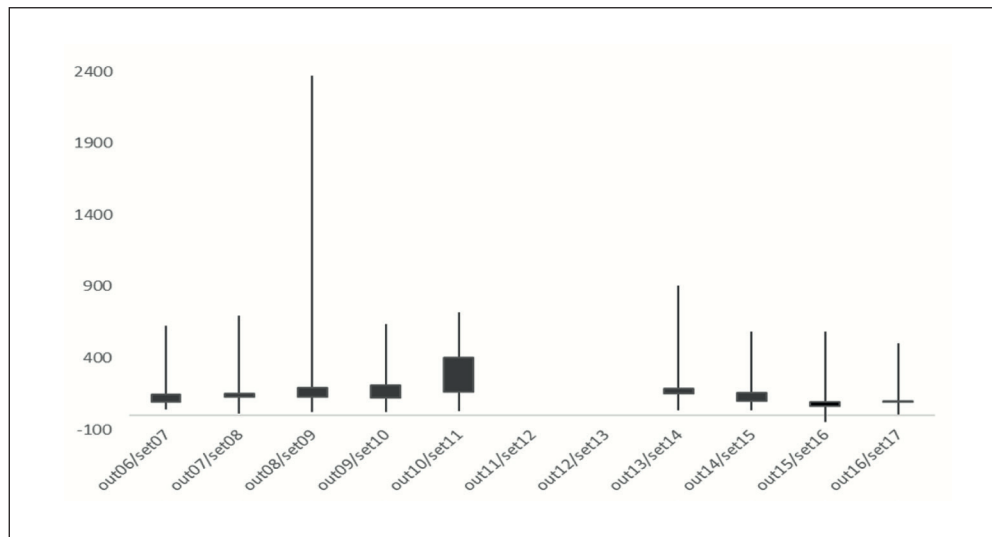


Fonte: ANA, 2017. Elaborado pelos autores

O nível

Em relação aos dados de medição do nível do corpo hídrico, em 2010, por alguns meses, deixou-se de registrar as leituras da lâmina; em 2011, só estão disponíveis os dados dos meses de março e abril; em 2012, não foi registrado nenhum dado; e, em 2013, só se encontram disponíveis os dados dos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro.

Figura 6. Nível por período hidrológico (cm)



Fonte: ANA, 2017. Elaborado pelos autores

Para os anos cujos dados foram registrados, observa-se que o nível do rio Sono (Figura 6) teve variações condizentes com o índice pluviométrico (Figura 5). Percebe-se que no período de 2007 a 2010 o nível do rio acompanha as precipitações; entretanto, em decorrência da ausência de dados entre os anos de 2011 a 2013, não se pode afirmar o mesmo para tal período, apesar da tendência comportamental do nível ser a de acompanhar o índice pluviométrico.

A partir de 2014 observa-se uma queda no nível do rio Sono, que acompanha também a queda do índice pluviométrico, o que se comprova por medições registradas nos meses de novembro de 2015 e março de 2016, quando o nível do rio esteve abaixo da régua limnimétrica.

Outra constatação é que a média obtida do nível do rio Sono se manteve baixa, mesmo acompanhando o índice pluviométrico, variando entre valores mínimo de 65,6cm e máximo de 402cm.

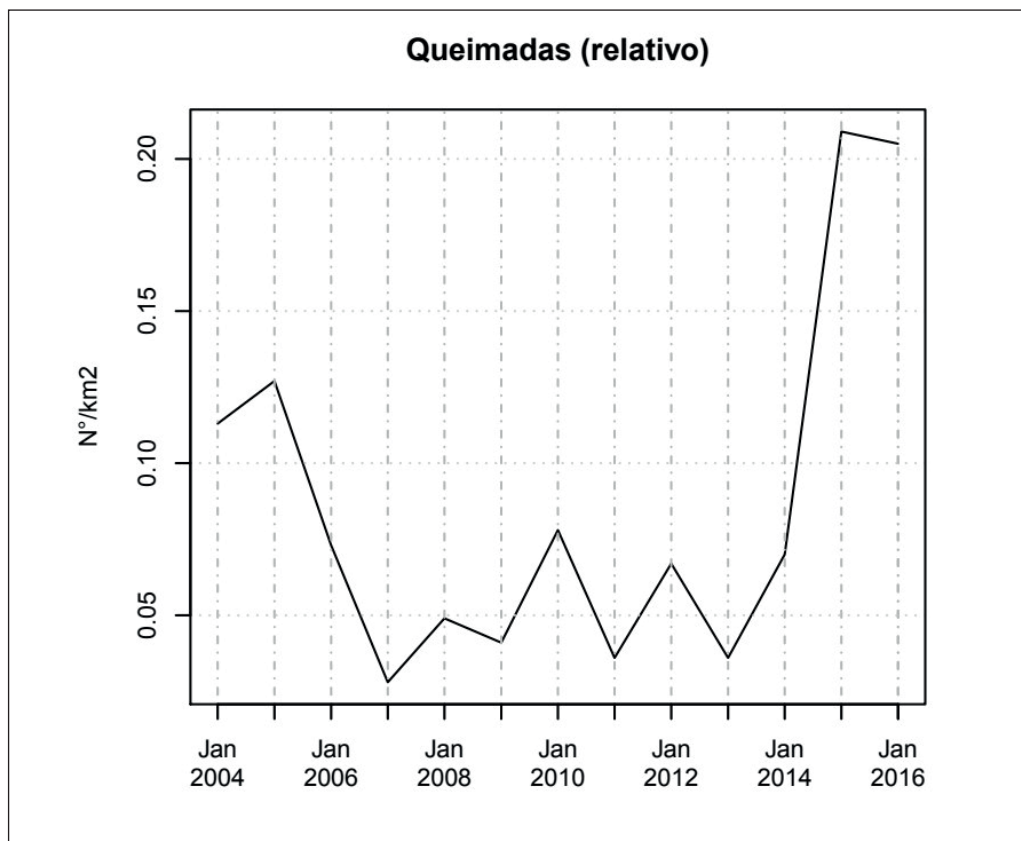
A vazão

A vazão ou descarga de um rio pode ser definida como o volume de água que passa através de uma seção transversal na unidade de tempo. A sequência de observações contínuas dessa variável permite o conhecimento do regime hidrológico no ponto que delimita uma área de drenagem conhecida como bacia hidrográfica. A vazão é, basicamente, uma função das características de precipitação e suas interações com os atributos físicos e bióticos do meio. O seu monitoramento se realiza através de uma estação fluviométrica, que consiste em um local de observação no curso d'água onde são colocadas escalas no plano vertical para leitura direta do nível d'água ao longo do tempo, e, periodicamente, são medidos valores das descargas.

É importante ressaltar que os dados de vazão disponíveis começam a partir de julho de 2014, sendo que em alguns meses deixou-se de registrar os dados de vazão (Figura 7).

Outro fator influente é a retirada de água, tanto do leito dos rios no nível superficial como do sistema aquífero mediante poços, ambos influenciam o escoamento de base. A quantificação das extrações no nível de volume anual é extremamente complexa, já que não se tem um histórico de funcionamento dessas captações.

Figura 7: Vazão estiagem/chuva (m³/s)



Fonte: ANA, 2017. Elaborado pelos autores

Foi possível visualizar através dos dados de monitoramento da estação que os picos de maior vazão se concentram entre os meses de outubro a maio, credenciando assim a relação do aumento da vazão nos períodos chuvosos. Na transição do período chuvoso para o período seco, o hidrograma passa do trecho de ascensão para o de recessão ou vazante, que é caracterizado pela ocorrência de escoamento subterrâneo (base) e que reflete as condições de recarga durante o ano hidrológico.

Esses resultados apontam para uma importante distinção do comportamento hidrológico prevalente na bacia do rio Sono, indicando um período crítico de déficit hídrico na região abastecida por esse corpo hídrico (de maio a setembro) com conseqüentes implicações diretas para o abastecimento público local.

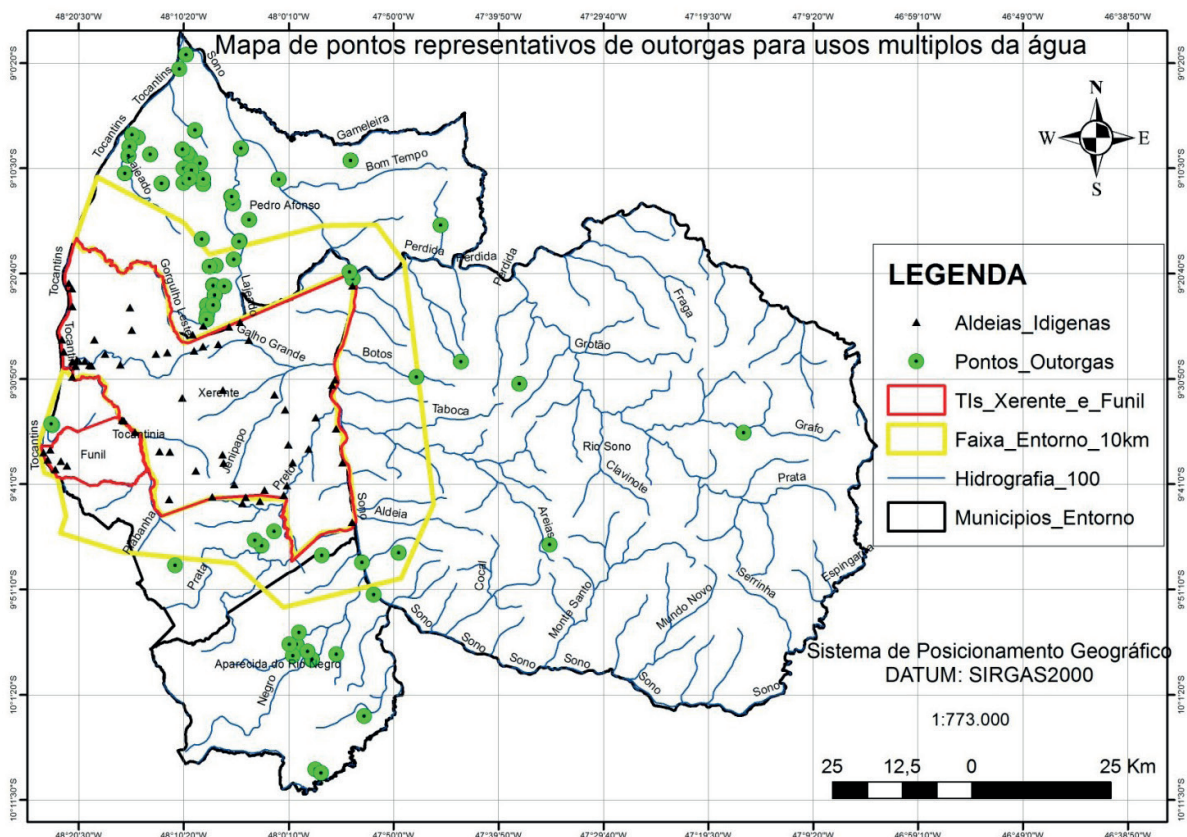
Os dados referentes à bacia do rio Sono indicam que os três fatores, chuva, nível e vazão estão correlacionados. Por conta da irregularidade da chuva, percebe-se a interferência proporcional sobre os demais, pois a precipitação influencia no nível e vazão do rio, o que conseqüentemente interfere na manutenção das condições ideais de disponibilidade hídrica para aqueles que fazem uso desse manancial, a exemplo dos Akwẽ-Xerente.

Outorga

As informações disponibilizadas sobre a outorga da água na bacia do rio Sono mostraram que no período entre 2002 até 2017 foram expedidas 256 outorgas para o uso da água, com pontos de captação superficial e subterrânea distribuídos entre os municípios de Aparecida do Rio Negro, Tocantínia, Rio Sono e Pedro Afonso (Figura 8). Desse total de licenças, 42 pontos são de captação subterrânea, com vazão máxima de captação de 421 m³/h, e 214 pontos de captação superficial, com vazão máxima de captação permitida de 86401,7 m³/h (NATURATINS, 2017).

Os pontos de captação (Figura 8) estão concentrados principalmente a montante das TI, em Aparecida do Rio Negro, especialmente onde estão as nascentes dos rios que abastecem parte das TI. A jusante das TI em Pedro Afonso, observa-se grande concentração dos pontos outorgados, tanto para captação superficial quanto subterrânea. Mesmo nas áreas a jusante, quando a água já passou pela terra indígena, o risco de redução dos volumes disponíveis de água é real, em função do rebaixamento do lençol freático.

Figura 8. Mapa de pontos de outorgas



Fonte: Elaborado pelos autores, com base de dados descrita na metodologia, 2017

Observa-se, assim, forte exploração dos recursos hídricos nos municípios do entorno das TI e o quanto a pressão pelo uso da água tem se intensificado, muitas vezes apoiada

pelas políticas que incentivam o agronegócio, a exemplo do Prodecer, Matopiba⁷, dentre outros. Sem contar o fato de que esses empreendimentos comprometem ainda a qualidade da água disponível, pois o risco de contaminação por agrotóxicos é alto.

Ressalta-se, ainda, que as áreas outorgadas estão concentradas principalmente nos rios de menor porte. Isso pode comprometer o volume de água aportado ao rio principal da bacia rio Sono. A redução do volume nos rios de pequeno porte muitas vezes pode ser insignificante em relação ao volume do rio principal, entretanto, para comunidades presentes nas TI, esse volume pode ser significativo, pois abastece atividades de subsistência desses povos.

É importante salientar que a captação e o consumo dos recursos hídricos vão além do monitoramento, em decorrência de pontos de captação não licenciados e, conseqüentemente, não monitorados, outro fator que pode estar influenciando na disponibilidade hídrica local.

Uso do solo do entorno das TI

O período anterior a 1990 é marcado por importantes conquistas para o estado do Tocantins, em especial o ano de 1988, com a promulgação da Constituição Federal, que trazia em um de seus artigos aquele que permitia a criação do Estado do Tocantins, o antigo esquecido norte goiano.

Como o estado se encontrava em recente processo de divisão e com iminência de expansão, constata-se que em 1990, no raio de 10 km da área de estudo, havia uma área equivalente a aproximadamente 208.456,147 ha de vegetação remanescente (Figura 9). Deste total já se encontrava ocupada com usos múltiplos (agropecuária) uma área aproximada de 16.563,228ha, ou 7,95% do total.

Conforme mapa de uso do solo (Figura 9), essas ocupações se concentravam com maior expressividade ao norte das TI, em Pedro Afonso; e ao sul, em Aparecida do Rio Negro. Em Tocantínia, nas áreas remanescentes as TI, observa-se pouca exploração voltada à agropecuária de subsistência. Ao leste das TI, em Rio Sono, percebe-se pouca ocupação, provavelmente por conta do seu relevo acentuado (Figura 4). Evidencia-se que, no final da década de 1990, produtores vindos especialmente da região Sul do país migram ao estado com intuito de alavancar a produção agropecuária, motivados principalmente pelos incentivos estatais, pelo preço das terras e pelas condições naturais propiciadas, como terras férteis, planas e climatológicas.

Os anos seguintes à criação do Tocantins foram marcados pela tentativa de consolidação socioeconômica do estado que até então não possuía representatividade no que diz respeito à agropecuária. Em 1991, três anos após a separação do estado de Goiás, o cenário encontrado pouco havia evoluído. Araguaína se destacava na pecuária e Formoso do Araguaia na agricultura (IBGE, 2010). Os municípios do entorno da área de estudo apresentavam atividades agropecuárias, entretanto, em fase inicial. Estudos apontam que havia vasta área a ser ocupada cuja exploração poderia aumentar a participação do estado na produção de grãos no total do país (CAMPOLINA et al, 2012).

7 A sigla Matopiba designa a região fronteira dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia; o Tocantins é o único estado que possui a totalidade de sua área inserida no projeto.

Assim, nessa década observa-se a expansão na ocupação no raio de 10 km com uso voltado às atividades agropecuárias de aproximadamente 12.640,669ha, ou 6,6%, concentradas primeiramente ao norte e ao sul com início da produção de grãos. Cabe destacar que esse tímido crescimento, quando comparado aos dados de 1990, tem provável relação com a regulamentação da Lei nº 9.605⁸, de 12 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências. A aplicação dessa lei impactou diretamente na ocupação e no ordenamento do solo mediante os usos dos recursos naturais e aumentou as penalidades e valores pecuniários para o desmatamento de forma irregular, além de burocratizar o sistema de concessão de licenças de usos e ocupação da terra.

A partir de 2001 observam-se importantes eventos que contribuíram para alavancar a ocupação do solo. Destacam-se os incentivos fiscais dos governos federal e estadual para produção de biocombustíveis, entre eles a cana de açúcar para produção do etanol (Pedro Afonso), e de soja para produção de biodiesel (Aparecida do Rio Negro). Outro marco foi a reformulação do Código Florestal, Lei nº 12.61, de 25 de maio de 2012, que possibilitou a flexibilização dos usos dos recursos naturais, entre outros. Além disso, em 2016, foi criado o plano de desenvolvimento agropecuário Matopiba, que incentiva a expansão agropecuária nos estados acordados.

Diante disso, constata-se o aumento nas condições para expansão agrícola. Tal fato pode ser confirmado por meio do mapa de uso e ocupação do solo (Figura 9), que demonstra que entre 2000 e 2017 a expansão de ocupação do solo foi de aproximadamente 26.715,358 ha, ou 12,82%. Os dados apontam que atualmente 26,83% da área estudada se encontra ocupada.

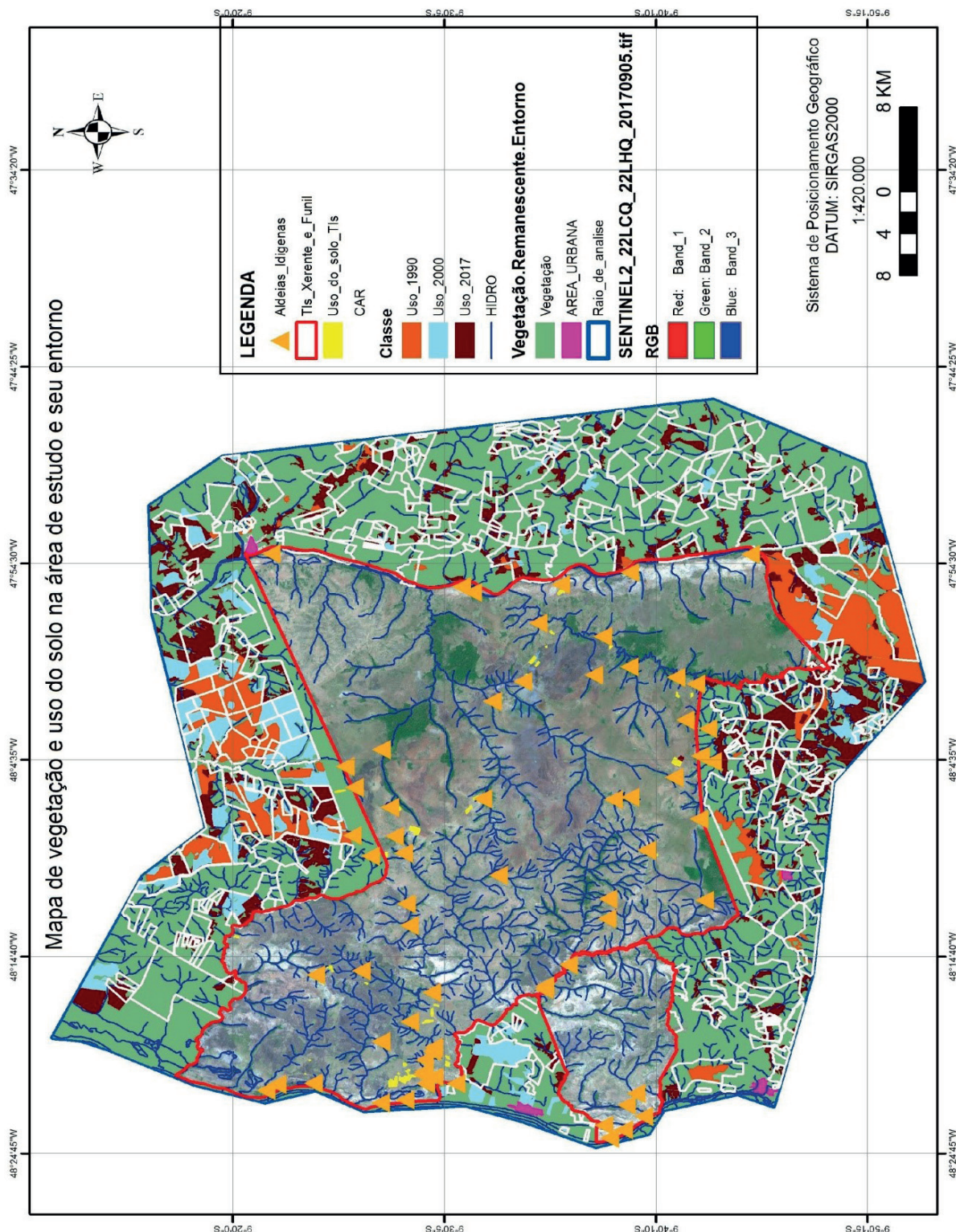
Um importante instrumento instituído pelo Código Florestal de 2012 foi o Cadastro Ambiental Rural⁹ (CAR), que determina o cadastramento geral dos imóveis rurais brasileiros¹⁰ com dados referentes à produção, aos usos e a informações ambientais, tais como áreas de preservação permanente, áreas de reserva legal, áreas remanescentes de vegetação nativa, entre outros (CAR, 2017).

8 Conhecida popularmente como a Lei de Crimes Ambientais e/ou Lei da Vida. A Lei nº 9.605 foi regulamentada pelo Decreto nº 3.197/99.

9 Instituído pelo Novo Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) e regulamentado pelo Decreto nº 7830/2012 que além de regulamentá-lo também criou o Sistema de Cadastro Ambiental Rural (Sicar), uma plataforma online que reúne o CAR de todos os estados do país.

10 As áreas indígenas não possuem a obrigação do cadastramento, uma vez que a Funai, responsável pelo gerenciamento de tais terras, indicará a base de dados necessária para homologação junto ao Sicar. Tendo em vista que as terras de uso indígena são de baixo impacto, sua inscrição objetiva apenas a atualização de dados para fins de proteção e conservação.

Figura 9. Mapa de ocupação e uso do solo



Fonte: Elaborado pelos autores, com base de dados descrita na metodologia, 2017.

O que se extrai da base de dados do CAR, disponível para o raio de 10 km (Figura 9), é que há propriedades que possuem a inscrição, aproximadamente 49,36%, sendo que nem todas apresentam usos, além das que não possuem inscrição junto ao SIG/CAR, que estão

ou não em uso. Isso significa que há possibilidade de que no futuro próximo a área destinada à agropecuária seja expandida exercendo forte pressão nas TI, fato que já se encontra em consolidação.

Dessa forma, conclui-se que além das variações climáticas, o desflorestamento, ocasionado pela expansão do uso e ocupação do solo, é outro fator que influencia nas variações hidrométricas. Sem a cobertura vegetal, o solo perde sua capacidade de infiltração e armazenamento de água, promovendo o escoamento superficial, que pode levar à escassez hídrica.

Para concluir, em virtude dos fatores analisados e dos resultados encontrados concernentes à problemática hídrica, constata-se que a situação do povo Akwẽ-Xerente merece atenção, pois o cenário atual na região estudada é pessimista quanto à disponibilidade hídrica para a população em geral, especialmente nas TI, que vem sofrendo pressões sociais, ambientais, políticas e econômicas frente ao desenvolvimento econômico do estado do Tocantins.

Diversos são os fatores que contribuem para a problemática da água na região, dentre eles alguns não podem ser controlados, a exemplo dos fatores climáticos. A escassez das chuvas interfere diretamente sobre o nível e a vazão do rio Sono, o que ocasiona por si só a redução da disponibilidade hídrica naquela região. Ou seja, enquanto a demanda pelo recurso hídrico é crescente, a disponibilidade de água sofre influência de fatores tanto ambientais quanto climáticos e antrópicos.

Somada aos fatores naturais, observa-se a participação crescente daqueles que poderiam ser controlados e que influenciam no comportamento hídrico local, como constatado em relação à concessão de uso da água para finalidades agrícolas, mostrado pelo aumento dos pontos de captação de água (Figura 8 – Pontos de outorga). Além disso, o desmatamento da área do entorno para a expansão agrícola, associado à tecnificação da produção, tem intensificado o uso do solo e provocado mudanças no comportamento hídrico local. Percebe-se, ainda, que, com base nos dados analisados, há uma projeção significativa para o aumento do uso do solo, tendo em vista os registros das propriedades rurais no CAR relacionados às políticas desenvolvimentistas adotadas pelos governos estadual e federal.

Caso esse cenário persista, a disponibilidade hídrica nas TI e nos municípios do seu entorno estará comprometida, uma vez que se prioriza o uso da água para atender aos interesses dos grandes produtores em detrimento dos interesses da população local, especialmente os povos indígenas.

Diante do exposto, afirma-se que a problemática hídrica possui um quadro robusto de pesquisas que comprovam a necessidade da conservação desse recurso. Entretanto o que se observa é um problema de gestão governamental que não se apropria dessas pesquisas como meio para melhorar o gerenciamento dos recursos naturais a partir da implantação de políticas públicas.

É necessário garantir a proteção dos recursos naturais, promover maior eficiência no seu monitoramento e fiscalizar a área estudada. Além disso, são necessárias mudanças na forma de gestão que promovam a valorização das questões ambientais e sociais sem comprometer o direito de acesso à água às gerações futuras.

Referências

ANA, Agência Nacional de Águas <<http://gestorpcd.ana.gov.br/Mapa.aspx>> Acesso em: 05 de out. 2017.

ATHAYDE, S.; E. E. MARQUES; J. DUTKA-GIANELLI; H. S. NASCIMENTO; M. BUSQUETS; R. UTSUNOMIYA e S. SETÚBAL. 2016. **Projeto de Pesquisa:** Gestão Participativa da Biodiversidade em Terras Indígenas afetadas por Barragens Hidrelétricas na Amazônia Brasileira. **Relatório Técnico Primeira Visita**, ano de 2015. Universidade Federal do Tocantins e Universidade da Flórida, Palmas e Gainesville, janeiro de 2016.

ATLAS DO TOCANTINS: **Subsídios ao Planejamento da Gestão Territorial. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública** - SEPLAN. Superintendência de Pesquisa e Zoneamento Ecológico-Econômico - DZE. Organizado e atualizado por Paulo Augusto Barros de Sousa, Rodrigo Sabino Teixeira Borges e Ricardo Ribeiro Dias. 6a ed. revista e atualizada. Palmas: SEPLAN, 2012. Disponível em: < <http://seplan.to.gov.br/zoneamento/atlas-do-tocantins/>>. Acesso em: 05 de out. 2017.

AZANHA, G. **As terras indígenas Terena no Mato Grosso do Sul**. Revista de Estudos e Pesquisas,

nº 13, de 6 de dezembro de 1990. **Dispõe sobre normas referentes às atividades desenvolvidas no entorno das Unidades de Conservação**, Brasília, DF, dez 1990. Publicada no DOU, de 28 de dezembro de 1990, Seção 1, página 25541.

_____. Resolução nº 473, de 11 de dezembro de 2015. **Prorroga os prazos previstos no §2º do art. 1º e inciso III do art. 5º da Resolução nº 428, de 17 de dezembro de 2010, que dispõe no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências**, Brasília, DF, dez 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. Brasília, 2010. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/>> Acesso em: 23 out. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 2016**. Brasília, 2016. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/>> Acesso em: 23 out. 2017.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: **Presidência da República**, Planalto, 1988.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Coleção de Leis da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2012.

BRUNI, J. C. Water and life. **Revista de Sociologia da USP**, v. 5, n.1, p. 53-65, 1994.

CAD - **CADASTRO AMBIENTAL RURAL**. Disponível em: <<http://www.car.gov.br/#/>>. Acesso em: 27 nov. 2017

DUARTE, G. M. **A demarcação das terras indígenas e seus potenciais efeitos sobre a proteção ambiental**: O caso Raposa Serra do Sol. 108 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Amapá. Programa de Pós-Graduação em Direito Ambiental e Políticas Públicas (PPGDAPP), Macapá, AP, 2011.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/classificacao-de-solos>>. Acesso em: 05 de out. 2017.

FARIAS, Agenor José T.P. **Fluxos sociais Xerente**: organização social e dinâmica das relações entre aldeias. Tese (Mestrado em Antropologia Social) - Departamento de Antropologia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990.

FLORES, L. P.; MACIEL, M. R. A.; ALMEIDA, S. C. **Núcleo Amazônia/Cerrado** – Brasília (DF): IEB, 2016. – A Experiência do Projeto GATI em Terras Indígenas. 73p.

FUNAI. FUNDAÇÃO NACIONAL DO ÍNDIO. **Geoprocessamento**. Disponível em:<<http://www.funai.gov.br/index.php/shape>>. Acesso em: 29 set. 2017.

GOMES JR, E. **Fronteira e reestruturação produtiva na Amazônia Brasileira (2003-2013)**: um estudo sobre a mudança na hierarquia urbana do município de Araguaína (TO) na Amazônia Oriental. 2015. 134P. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 1996**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 2 out. 2017

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2016**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 23 set. 2017

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 set. 2017

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manuais técnicos em geociências**. 2ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2006. n. 7. 91p.

LIMA, Layanna Giordana Bernado. **Os Akwẽ-Xerente no Tocantins**: Território Indígenas e as questões Socioambientais. Tese (Doutorado) São Paulo, SP, 2016. 286 p. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Área de Concentração: Geografia Humana.

LIMA. Eugislane Moreira. **Gestão Territorial e Ambiental de Terras Indígenas**: Implantação da PNGATI e do projeto GATI na TI Xambioá. 188 p. Dissertação (Mestrado) Palmas, TO, Brasil, 2016. 188 p. Universidade Federal do Tocantins. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente.

LOCATEL. C. **Tecnificação dos territórios rurais no Brasil**: políticas públicas e pobreza. Nova Scripta, Barcelona, v. XVI, n. 418, nov/2012. Disponível em: <<http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-418/sn-418-66.htm>> Acesso em: 30 nov. 2017

MILLER, R. P. **Documento Orientador para a Preparação do Programa Nacional de Gestão Ambiental nas Terras Indígenas e do Projeto GEF Indígena**: Parte 1. Brasília, DF, 2008.

NATURATINS. Disponível em: <naturatins.to.gov.br>. Acesso em: 10 out 2017

RIBEIRO, Darcy. **Os índios e a civilização**: a integração das populações indígenas no Brasil moderno. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO. **Bases Vetoriais**. Disponível em: <<http://seplan.to.gov.br/zonamento/bases-vetoriais/>>. Acesso em: 28 set.2017.

NADAL JUNQUEIRA VILLELA, Fernando; NOGUEIRA, Cristiano. **Geologia e geomorfologia da estação ecológica Serra Geral do Tocantins**. Biota Neotropica, v. 11, n. 1, 2011.

VILLELA, F. N. J.; NOGUEIRA C. **Geologia e geomorfologia da estação ecológica Serra Geral do Tocantins**. Biota Neotropica, v. 11, n. 1, 2011.

4

SECAS E INUNDAÇÕES: MUDANÇAS CLIMÁTICAS E/OU MUDANÇAS SOCIOCULTURAIS

*Liliana Pena Naval
Diógenes Alencar Bolwerk
Hilka Monteiro Rocha
Márcio Trevisan
Mariza Fernandes Souza
Robson Tiburcio
Magale Karine Diel Rambo*

As mudanças climáticas e socioculturais observadas no bioma amazônico estão sendo associadas a variações climáticas com deficiências e/ou excesso de chuvas em várias regiões do mundo e podem influenciar na dinâmica do ciclo hídrico das bacias. Nesse contexto, os eventos climáticos associados a essas mudanças assumem importância no cotidiano da sociedade, seja pela frequência e intensidade com que se manifestam ou pela vulnerabilidade socioambiental a que expõem as comunidades envolvidas (MARENGO et al., 2011).

Na Amazônia, as mudanças climáticas influenciam na dinâmica do ciclo hidrológico da bacia, resultado da interação entre fatores que regulam fluxos entre as águas superficiais e subterrâneas (BALBINOT et al., 2009). Os fluxos das águas amazônicas provocam a sazonalidade e a flutuação do nível dos rios. Essas flutuações apresentam variação média de 4 a 15 metros e ocasionam os períodos de seca e inundações (SMITH et al., 2002).

Os fatores envolvidos nos processos de influência e modificação na dinâmica do equilíbrio climático são reportados pela literatura como forçantes climáticos. Segundo Molion (2017), os fatores que alteram o clima da terra são os antrópicos e os naturais internos e externos, como movimento do planeta, sistema solar, vulcanismos, movimentação das placas tectônicas, deriva dos continentes, a expressão dos fenômenos La Niña e El Niño, a variação dos ventos alísios e o efeito estufa, entre outros.

Entre as consequências das alterações climáticas é importante saber que a própria oferta e disponibilidade do recurso água, em grande parte, depende da manutenção do equilíbrio do clima. O ciclo anual das chuvas e a alteração das vazões dos rios variam entre as bacias; e essa variabilidade, quando associada aos fenômenos climáticos, pode gerar anomalias, como secas e enchentes (MARENGO et al., 2006, 2007, 2008). A diminuição na cobertura vegetal também pode alterar os padrões de precipitação na região e na vizinhança (TRENBERTH et al., 2007).

As mudanças no uso e cobertura da terra também podem levar o sistema a um novo equilíbrio geralmente mais seco e forçar a vegetação a se modificar para se adaptar às mudanças (NÓBREGA et al., 2005). Já é observado que a média e a escala de precipitação se tornam intensas e intermitentes levando ao aumento das inundações. Os estudos de Rocha (2017) sobre a distribuição do balanço de água e da reciclagem de precipitação na Bacia Amazônica abordando os mecanismos físicos associados ao processo de reciclagem concluíram que a precipitação representa um percentual significativo no balanço de água regional e desempenha importante papel no ciclo hidrológico amazônico.

Além das causas diretas, existem influências subjacentes ao desmatamento que envolvem fatores econômicos, demográficos de expansão (MARTINS, et al., 1975), tecnológicos, culturais e políticos que operam em escalas múltiplas e diferem entre as regiões (MEYFROIDT et al., 2013).

Os aspectos climatológicos da reciclagem de precipitação da região mostram que a contribuição advectiva é importante na precipitação sobre a Amazônia. Contudo, as variabilidades no sistema climático devidas tanto às variações naturais (não lineares) do próprio sistema quanto às antropogênicas influenciam os padrões espaciais de umidade do solo e a ocorrência de eventos extremos (secas e enchentes) e, conseqüentemente, afetam a reciclagem de precipitação (ROCHA et al., 2015).

A evapotranspiração vem diminuindo principalmente pela alteração da concentração de CO₂ na atmosfera, o que acaba afetando o desempenho das plantas (NOBRE et al., 2007). Ainda há as concentrações de partículas de aerossóis e gases que afetam os mecanismos naturais dos processos atmosféricos na região Amazônica (ARTAXO et al., 2004). Dessa forma, esses fatores em conjunto possuem capacidade de produzir alterações importantes no regime hídrico, principalmente nas áreas tropicais.

A organização do bioma amazônico é dinamicamente estabelecida, de tal forma que a cobertura vegetal da floresta possui papel preponderante na redução da velocidade das mudanças climáticas. Na medida em que essa vegetação é removida, é reduzida a capacidade de captura do CO₂, que se acumula na atmosfera. Estudos apontam que o desmatamento na Amazônia começou a ganhar intensidade no início na década de 1970 (NEPSTAD et al., 2004; MARENGO et al., 2004), com o desmatamento associado às queimadas; conseqüentemente, percebe-se o aumento do efeito estufa e a alteração da capacidade de formação das chuvas, o que contribui para o rearranjo dinâmico nos fatores climáticos.

Dentre as conseqüências importantes do desmatamento, as rápidas trocas de cobertura vegetal podem desencadear alterações nos fluxos do carbono e nitrogênio e afetar diretamente a fertilidade do solo. Agravadas pela substituição da floresta por áreas de pastagem e cultivo, essas alterações podem afetar, além do ecossistema amazônico, a regulação de processos críticos para a composição da atmosfera com efeitos pressionadores no clima em âmbito local, regional e global (ALARA, et al., 2006).

Sob a perspectiva socioeconômica percebe-se que o padrão de ocupação da Amazônia está associado às questões climáticas envolvendo grandes empreendimentos, como hidrelétricas e abertura de estradas. Esses processos são explicados sob duas óticas científicas principais, a primeira defende o processo natural evolutivo dinâmico do planeta seguindo seu curso; a segunda ótica acadêmica defende que essas mudanças ocorrem atualmente como conseqüência da interferência das ações humanas nos processos naturais, quais sejam: queimadas, desmatamentos e emissões excessivas de gases de efeito estufa (ARAUJO et al., 2013, MIRANDA et al. 2014;).

Na ação antropogênica, destaca-se o desmatamento também como resultado das atividades econômicas, do aumento da densidade demográfica e extrativismo vegetal, mineração, abertura de áreas para pastagem e agricultura. Culmina por impactar tanto em consequências sociais como climáticas, relacionado, ainda, à perda de biodiversidade, degradação do solo, ao aumento da desertificação, além de contribuir para os processos de mudança climática e hidrografia (FEARNSIDE, et al., 2003; COX, et al., 2004, ARAÚJO et al., 2013).

Outro fator contribuinte são as queimadas (BARLOW et al., 2003), cuja ocorrência interfere rapidamente no equilíbrio dos ecossistemas, porque há poucas espécies vegetais resistentes ao estresse térmico e hídrico que essa perturbação provoca. Araújo (2013) leva em consideração que, em razão de a região possuir primariamente altos valores de umidade no ambiente e no solo, tinha garantida certa imunidade frente às queimadas. Todavia, uma vez a região exposta às condições de modificação do sistema climático, esse ambiente perde a habilidade de manter essas defesas e fica vulnerável ao fogo. Fato comprovado em 2005 pela seca que se assolou a região Amazônica, favorecendo queimadas de grandes proporções em florestas primárias; segundo Cox (2008), consequências das anomalias térmicas ocorridas nas águas do Atlântico Norte e pela elevação na concentração de gases de efeito estufa.

Entre os fatores que promovem as queimadas, segundo Uhl & Kauffman (1990), a precipitação aumenta o teor de umidade do material combustível e diminui a possibilidade de incêndios na vegetação. Por outro lado, a falta de chuvas durante uma seca prolongada diminui o teor de umidade do material combustível, aumenta a queda das folhas, eleva a quantidade de material combustível e aumenta a inflamabilidade da vegetação (RAY, et al., 2005).

A Amazônia possui importante participação na emissão de aerossóis para a alta atmosfera. Também as grandes atividades convectivas da região permitem que os compostos voláteis produzidos pela floresta sejam emitidos a grandes distâncias. Esses eventos acabam produzindo alterações no conjunto de compostos orgânicos voláteis e interferem na formação dos núcleos de condensação de nuvens (NCN) (ANDREAE & CRUTZEN, 1997); conseqüentemente, o mecanismo de formação de nuvens e precipitação gera importantes implicações sobre o ciclo hidrológico de áreas tropicais e sobre o clima em âmbito local, regional e global (ARTAXO et al., 2002).

A supressão de nuvens rasas pela presença de aerossóis juntamente com o fenômeno de aquecimento em níveis médios e resfriamento na superfície inibem a formação convectiva devido à estabilização da atmosfera, associando fortemente o papel funcional das partículas de aerossóis ao ciclo hidrológico. Autores como Velho (1972) e Machado (1999) chamam atenção para estudos mais integrados que ampliem a escala temporal partindo dos últimos 50 anos para diferenciar as fases de desenvolvimento pelas quais a região passou, bem como as forças determinantes da expansão da fronteira humana.

Margulis (2004) afirma que, nesse esforço historicamente constituído, se observa que a ação antrópica está diretamente relacionada ao modelo civilizatório imputado à região; isso implica afirmar que as taxas de desmatamento geralmente estão ligadas às formas de acesso à região, à construção de estradas e a processos migratórios envolvendo desde grandes investidores à mão de obra para a região.

Entretanto, o descolamento de sujeitos para a região abre-se para o espaço “novo” em razão da inovação do capitalismo mecanizado que produz para o mercado o espaço-tempo “moderno” do empreendimento econômico: das empresas imobiliárias, dos comércios, das barragens e das estradas; fundando no território as relações de propriedade privada. A “nova” sociabilidade na região, baseada na contratualidade das relações sociais, na dinâmica do

mercado e na propriedade privada, exprime um movimento social cujo resultado imediato é a incorporação de novas regiões pela economia de mercado (MARTINS et al., 1975).

Diante da necessidade de ampliar os conhecimentos sobre o estresse hídrico no bioma da Amazônia, este trabalho procurou determinar como são evidenciadas as correlações entre os fatores de mudanças climáticas produzidos naturalmente e/ou pela ação antrópica (socioculturais) com as alterações do regime hídrico na região Amazônica. Os objetivos são identificar as correlações entre as áreas de queimadas e o processo de antropização do meio ambiente na região Amazônica, considerando que a sustentabilidade se reflete através de variáveis sociais e ambientais; analisar a taxa de ocorrência e o papel do desmatamento progressivo e por corte raso ocorrido na região com as alterações no regime hídrico e das mudanças socioculturais; determinar a correlação entre a ocorrência da média anual de precipitação e o regime hídrico; e, ainda, correlacionar as taxas de emissão anual de CO₂ na atmosfera com os fatores de alteração no regime hídrico.

A área de estudo definida foi uma parcial do bioma amazônico, abrangendo os estados do Pará, Amazonas, Amapá, Acre, Rondônia, Roraima, Maranhão, Tocantins e Mato Grosso, remetendo à área de aproximadamente 4.196.943 Km² da área total do bioma, de 6 milhões de km² (IBGE, 2004). Os dados foram coletados no recorte temporal de janeiro de 2004 a janeiro de 2016, totalizando 12 anos de dados referentes a todas as variáveis do estudo: queimadas, desmatamento por corte raso e corte progressivo, densidade populacional, temperatura, precipitação e quantidade de CO₂.

Os dados das áreas de queimadas foram coletados do banco BDQueimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (INPE, 2017), produzidos a partir da captação de imagens dos sensores TM e MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) a bordo do satélite *LANDSAT*, *AQUA E TERRA*, da série da órbita polares NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), EOS (Earth Observation System) e os satélites de órbita geoestacionária GOES e METEOSAT (INPE, 2017).

Foram coletados 1.048.576 pontos de queimadas, agrupados em número de focos por km²/por mês. Os valores resultantes mensais foram agrupados em ocorrências por estado e somados em valores anuais por quilômetro quadrado de área, depois foram representados na Tabela 1 de dados agrupados como número de ocorrências anuais por quilômetro quadrado de área.

Para determinar as médias anuais de desmatamento por corte raso e desmatamento progressivo, foram obtidos dados referentes aos anos de 2004 a 2016 disponibilizados pelo INPE em dois sistemas operacionais, o Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (PRODES) e o Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real (DETER).

Os dados referentes ao corte raso foram obtidos por meio do banco de dados do PRODES, que utiliza imagens dos sensores TM (Thematic Mapper) equipados nos satélites *LANDSAT* da NASA, CCD (Charge Coupled Devices) e da constelação DMC (Disaster Monitoring Constellation) que cobrem a Amazônia com baixa frequência temporal (16, 26 dias e quase diário) e têm resolução espacial de 30, 20 e 32 metros, respectivamente (INPE, 2008). Já os dados referentes ao corte progressivo foram adquiridos por meio do banco de dados DETER (INPE, 2017), que utiliza imagens dos sensores MODIS (INPE, 2017), a bordo do satélite *TERRA* da NASA e imagens do WFI a bordo do satélite brasileiro *CBERS-2B* do INPE (INPE, 2008).

Foram coletados 20.766 pontos de desmatamento por corte raso no PRODIS e 12.921 pontos de desmatamento por corte progressivo no DETER, organizados em valores de

área desmatada e expressos em quilômetros quadrados (km²), agrupados em ocorrências por ano no mesmo estado. Dessas ocorrências no mesmo período anual e para o mesmo estado, foram somados e expressos na Tabela 1 de dados agrupados como área total de desmatamento por ano.

Para calcular a estimativa de densidade populacional e área dos estados, foram captados os dados no banco de dados do IBGE (IBGE, 2010). Na densidade populacional, foram utilizados dados do censo demográfico de 2010; a partir desses dados foram utilizadas as estimativas de população fornecidas. Esses dados de população foram divididos pela área total do estado, resultando no quociente de densidade populacional por km² que foi representado na Tabela 1 de dados agrupados.

Os dados de temperatura e precipitação foram retirados do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017), em dados agrupados por número de dias de precipitação, precipitação total mensal e anual, temperatura máxima e média, temperatura mínima e média e umidade relativa média. Os dados foram coletados e agrupados por estados para os anos de 2004 a 2016.

Os dados de precipitação representam 741 dias de chuvas, quando 68 sensores produziram 10.457 amostras de dados. Esses valores foram agrupados em valores de milímetros cúbicos de precipitação hídrica (mm³) por mês em cada localidade do sensor. Esses valores mensais foram divididos por estados e foi calculado o valor acumulado anual. A tabela de dados agrupados representa esses valores como valores acumulados de mm³ de precipitação hídrica anual.

Os dados de temperatura foram captados nos bancos dos mesmos 68 sensores e geraram 10.547 pontos de amostra organizados em tabela de valores em graus centígrados (°C) e utilizados os valores médios das temperaturas máximas obtidas em cada mês para cada ano. Para representação na Tabela 1 de dados agrupados, foi calculada a média de temperatura máxima anual desde 2004 até 2016.

Os dados sobre a quantidade de CO₂ expressam em partes por milhão (ppm) e foram obtidos a partir das informações disponibilizadas pelo NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (NASA, 2017) com creditados a ESRL (Earth System Research Laboratory).

Os dados de gás carbônico foram captados em bancos com dados diários e representados em médias mensais, sendo que, para os valores ausentes, foram adotadas médias interpoladas. Dos valores mensais da fração molar de CO₂ foi calculada a média aritmética entre os doze meses de cada ano, resultando em um valor que representa a média anual de emissão de CO₂. Esses valores foram representados na Tabela 1 de dados agrupados como valores anuais médios de emissão de CO₂.

Os dados de área física dos estados foram coletados no site do IBGE (2017). Já a população de cada estado foi obtida do censo de 2010 e das estimativas anuais de população do IBGE de 2011 até 2016.

Todos os valores produzidos foram agrupados em tabela de dados primários e geraram 13.731 linhas de dados para um dos eixos de informação colhida. Os valores foram agrupados e normalizados para eliminação das diferenças de escala considerando a natureza da informação para cada coluna.

Para definição das correlações entre as variáveis (Tabela 1), foram aplicados testes de correlação paramétrica e não paramétrica. Para correlações paramétricas, aplicou-se a metodologia de correlação de Pearson (r²) com a distribuição normal. Os valores do coeficiente

variam de -1 (correlação linear perfeita, mas inversa) e 1, (relação linear perfeita e direta), quando o valor é 0 (zero) significa que não há relação e correlação (ANDERSON et al., 2002).

Para correlações não paramétricas, foi aplicado o teste de Kendall (tau) como medida do grau de medida de associação, relação não-linear entre variáveis e descrição da força e direção das relações, considerado como um indicador de qualidade, pois mensura as forças das correlações e permite afirmar que, quando uma variável aumenta, a outra diminui em sentido inverso.

Os resultados das variáveis relacionadas às mudanças socioculturais, como as queimadas, são apresentados por quilômetro quadrado (km²) (Tabela 1) e apontam que após o segundo ano ocorreu decréscimo seguido de uma média estacionária com oscilações variando sobre essa média temporal. No entanto, nos últimos anos, houve um acréscimo significativo ($p=3,21E-10$), chegando quase ao dobro do primeiro ano.

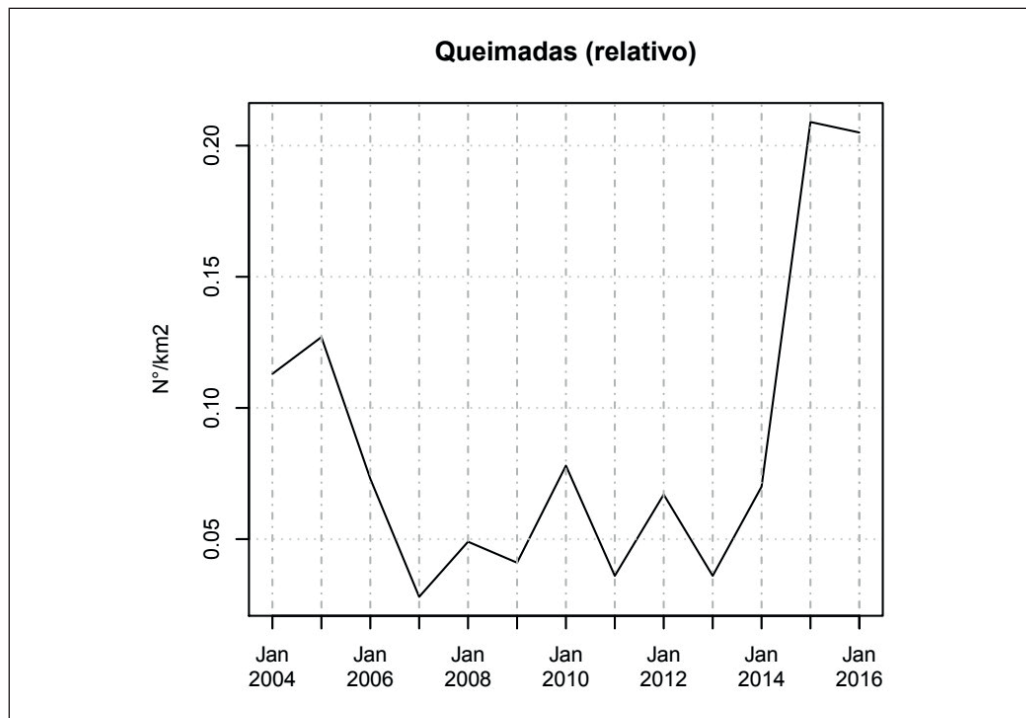
Observou-se que em 2015 houve aumento nos focos de incêndio e esse cenário se manteve no ano seguinte. O curioso é que o ano 2015 apresentou os menores índices pluviométricos; nesse sentido, Pereira (2012) afirma que, devido a peculiaridades do clima amazônico, os incêndios são recorrentes nos períodos de baixa precipitação e baixa umidade. Outro agravante registrado pelo autor são as práticas de uso do fogo no manejo do preparo do solo para o plantio.

Tabela 1. Tabela de dados agrupados por descritor e ano, normalizados para aplicação dos testes de correlação.

Ano	Densidade (pop/km ²)	Prec. (mm ³)	Temp. Média Máxima (°C)	Desmatamento Corte Raso	Desmatamento Corte Progressivo	Queimadas (Focos/ km ²)	[CO2] ppm
2004	4.548	176.554	32.633	4.23E-04	1.46E-02	0.113	377.53
2005	4.639	169.867	32.943	1.63E-04	1.52E-02	0.127	379.797
2006	4.729	184.889	32.586	2.04E-04	1.54E-02	0.073	381.896
2007	4.761	166.431	32.910	1.13E-04	1.57E-02	0.028	383.792
2008	4.793	179.544	32.562	1.18E-04	1.59E-02	0.049	385.604
2009	4.853	180.877	32.707	3.72E-05	1.61E-02	0.041	387.430
2010	4.963	159.433	33.282	2.14E-05	1.62E-02	0.078	389.899
2011	5.073	180.466	32.756	2.63E-05	1.63E-02	0.036	391.652
2012	5.138	162.650	32.905	3.02E-05	1.64E-02	0.067	393.853
2013	5.298	182.179	32.785	2.82E-05	1.66E-02	0.036	396.521
2014	5.366	169.385	32.781	4.11E-05	1.67E-02	0.070	398.648
2015	5.432	144.090	33.461	4.47E-05	1.68E-02	0.209	400.834
2016	5.496	157.641	33.483	5.17E-05	1.70E-02	0.205	404.209

Fonte: Produzido pelos autores

Figura 1. Queimadas por quilômetro quadrado na Amazônia no período de 2004 a 2016.



Fonte: Produzido pelos autores

O balanço de radiação e o ciclo hidrológico também podem ser afetados indiretamente pelas emissões de queimadas via alterações na microfísica e na dinâmica de formação de nuvens (KAUFMAN et al., 1994), em função de maior disponibilidade de núcleos de condensação de nuvem e gelo na atmosfera, os quais promovem mudanças no espectro de gotas de nuvem e estabilização termodinâmica (ANDREAE et al., 2002).

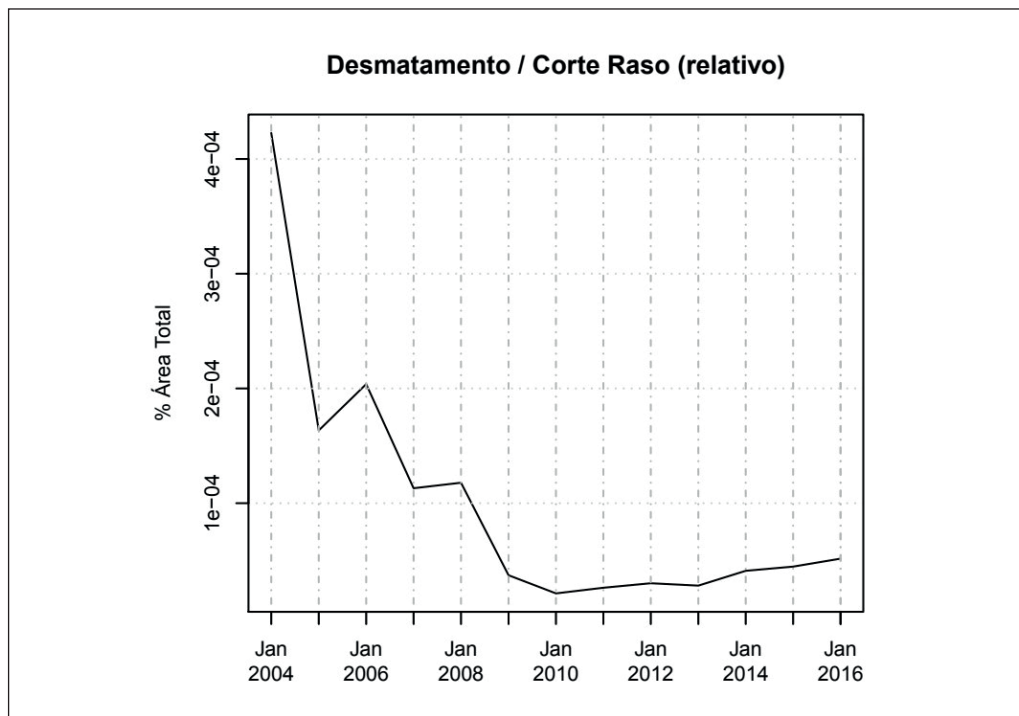
Quando aplicado o coeficiente de Kendall para testar a correlação entre densidade populacional e queimadas no bioma amazônico, observou-se que não há correlação. Assim, procurou-se na literatura a fundamentação para explicar o fenômeno apresentado pelos dados tratados e normalizados. Até o final dos anos 1960, a lógica de ocupação do território amazônico dava-se exclusivamente pelo estímulo à migração; a partir do final da década de 1960, esse modelo de ocupação tornou-se secundário, pois a “nova” lógica imprime uma ocupação vinculada principalmente ao grande empreendimento capitalista e altamente mecanizado (MARTINS et al., 1975).

Sendo assim, o modelo civilizatório é conduzido pela inserção de uma “nova” lógica do modo de produção capitalista que tem como características a predação da natureza, a implementação de relações sociais capitalistas e o uso indiscriminado, exploratório e predatório de todas as fontes de recursos naturais, num mecanismo acelerado de mercantilização da natureza e suas potencialidades e na consecução da exploração do trabalho humano (MARTINS et al., 2009).

Os resultados obtidos no período de 2004 a 2016 demonstram que o desmatamento por corte raso (Figura 2) concentrou os maiores valores no início do período de coleta dos dados e manteve valores decrescentes e consecutivos por todo o período restante do estudo. A análise do histograma demonstrou que os valores possuem, em primeira análise, um comportamento

paramétrico e com tendência linear. Mas a aplicação do teste Q-Q Plot demonstrou que a heterogeneidade dos dados na construção de uma reta, em conjunto com a aplicação do teste de Pearson, que resultou em valores não significativos ($p=0,099$), indicam que esses dados poderiam ser trabalhados com outras metodologias mais apropriadas e não paramétricas.

Figura 2. Desmatamento por corte raso na Amazônia no período de 2004 a 2016.



Fonte: Produzido pelos autores

A análise não paramétrica desses dados revelou que o desmatamento por corte raso possui correlações significativas e inversas quando correlacionadas com a temperatura média máxima, a razão de densidade populacional por área. As análises demonstraram que existem correlações positivas com a precipitação total, a ocorrência das queimadas e a elevação de CO_2 .

Na análise do coeficiente de Kendall (tau), ao mesmo passo que demonstra ter correlações significativas, os valores muito próximos de zero revelam a baixa intensidade dessas relações. Sugerem, assim, a necessidade de se avaliar outros fatores, como os socioculturais, para elucidar o entendimento da ocorrência do corte raso. Nepstad (1999) e Meyfroidt et al. (2013) afirmam a necessidade de entender os processos dinâmicos ligados à economia e a políticas públicas para explicar a lógica dessas ações antrópicas na região Amazônica.

Estabelecer a relação entre o desmatamento e o modelo de desenvolvimento para a região implica compreender como o território está sendo ocupado, isto é, como a política nacional de créditos impulsiona os agentes sociais no ordenamento e uso do solo. Logo, relacionar a forma de apropriação do território e como se dá o desmatamento da floresta é observar como essas diretrizes capitalistas estão organizadas (MARTINS, 2009).

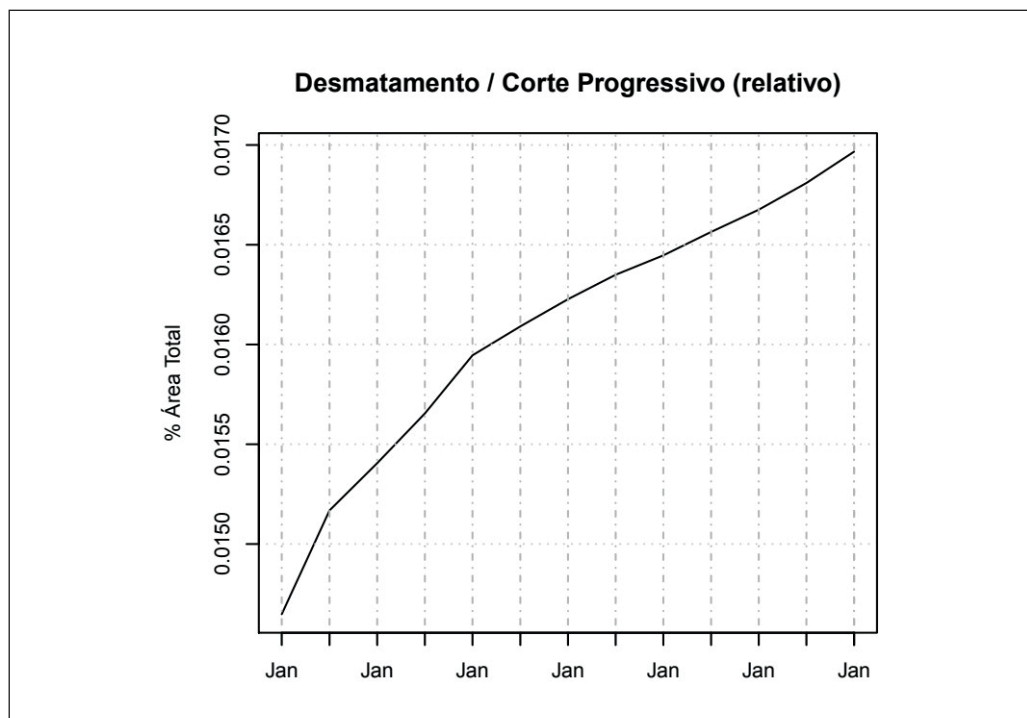
Para Phillips (2002) e Nepstad (2004), é necessário que se considerem as complementares entre a cobertura vegetal, o ciclo hídrico e a manutenção do sistema climático. Uma vez que, além de diminuir a capacidade de armazenar e capturar CO_2 , a cobertura vegetal removida ainda

agrava o cenário, pois a emissão de gases potencializa efeitos lesivos tanto ao clima quanto à biodiversidade. Nesse sentido, as mudanças climáticas são ao mesmo tempo consequências e promotoras de eventos climáticos e rearranjos para reequilibrar o sistema climático.

Já os resultados obtidos de 2004 a 2016 demonstram que o desmatamento progressivo, (Figura 3) ao contrário da expressão por corte raso, teve comportamento crescente em todo o período do estudo. Na análise do histograma, considera-se a viabilidade da análise de comportamento paramétrico. Mas a aplicação do teste Q-Q Plot demonstrou o comportamento dos dados em conjunto com a aplicação do teste de Pearson ($3,21E-10$) e mostrou que esses dados também poderiam ser mais bem analisados em estatísticas não paramétricas.

A análise não paramétrica dos dados revela que o desmatamento progressivo desenvolve fortes correlações positivas com a elevação de CO_2 e com a razão de densidade populacional por área. Esses resultados concordam com os resultados de Ferreira (2005), que afirmam que as altas taxas de perda da floresta pelo desmatamento em Mato Grosso existem e podem ser explicadas pelo modelo de desenvolvimento do estado, concentrado na grande propriedade privada (≥ 1.000 ha) e em sua lógica desenvolvimentista, que utiliza em larga escala a mecanização dos processos produtivos em comparação com outros estados da região Amazônica.

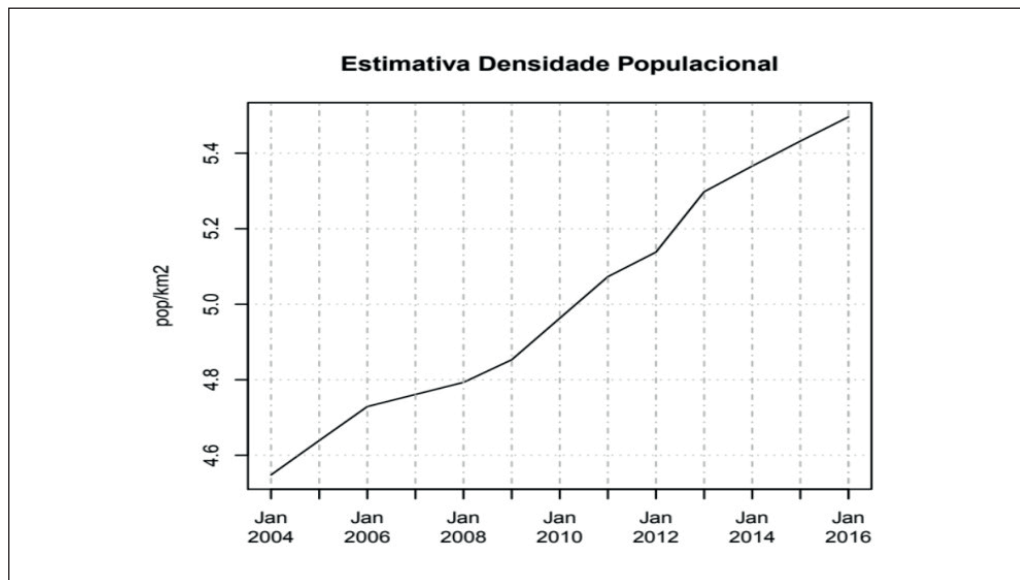
Figura 3. Desmatamento por corte progressivo na Amazônia no período de 2004 a 2016.



Fonte: Produzido pelos autores

Os resultados da estimativa de densidade populacional por quilômetro quadrado na Amazônia nos anos 2004 a 2016 (Figura 4) mostram que a densidade populacional estimada é variável ao longo do período de estudo com crescimento equilibrado nos últimos anos. O histograma da distribuição da densidade da população em conjunto com o teste Q-Q plot estabelece que a densidade populacional elevou-se definitivamente no período do estudo, contudo sem linearidade.

Figura 4. Estimativa de densidade populacional na Amazônia no período de 2004 a 2016



Fonte: Produzido pelos autores

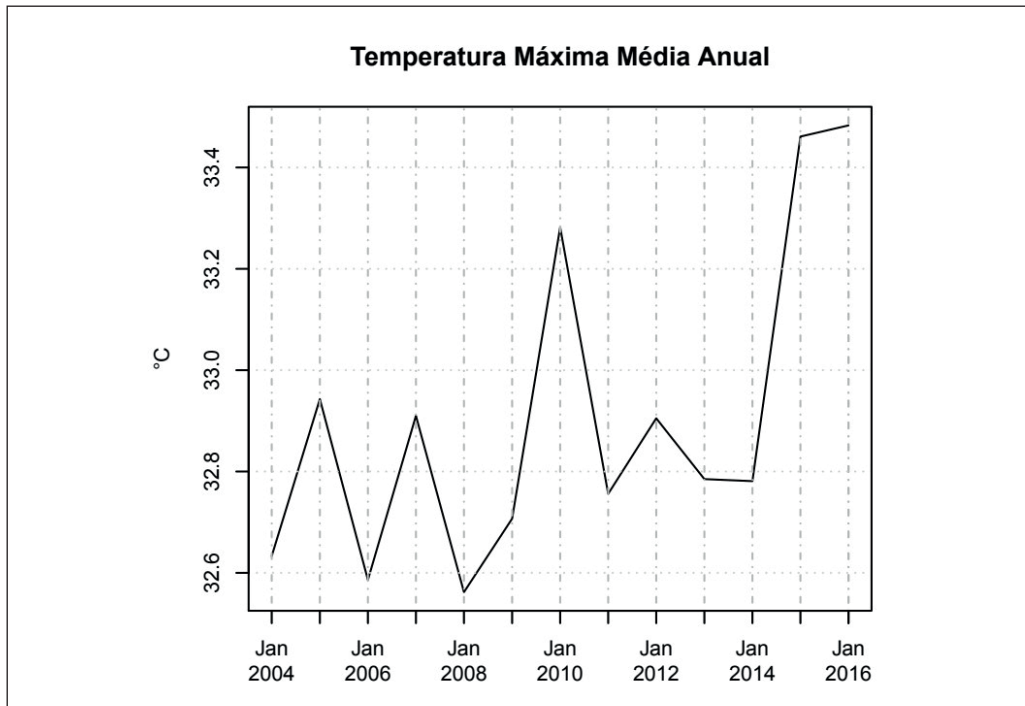
Para Becker (1998), a tendência é um processo de desconcentração da população das regiões metropolitanas e maior participação nas cidades de até 100.000 habitantes, observando-se crescimento elevado da população em núcleos pequenos de até 20.000 habitantes. Ao analisar os resultados, observa-se que a densidade populacional apresenta forte correlação com as variáveis de corte progressivo e CO₂. A relação é de 1 para 1, com taxa de regressão linear de 100%. Assim, é estabelecido um coeficiente de correlação “perfeita”. Os dados apresentados corroboram com Araújo (2013), Ferreira, (2005), Marengo, (2008), Cox et al. (2004), pois afirmam que o desmatamento é resultado do aumento das atividades econômicas e do aumento da densidade demográfica.

As variáveis de mudanças climáticas apresentaram os seguintes resultados: as médias de temperaturas máximas obtidas no período de 2004 a 2016 (Figura 5-A) demonstraram que houve variabilidade interanual em todo o período do estudo, todavia menos pronunciada nos primeiros anos do estudo. As variabilidades se elevaram a partir de 2008, com pico importante em 2010 e outro em 2015, no final do período em estudo.

Ao se analisar a distribuição das frequências (Figura 5-B), percebe-se que as médias das variações da temperatura sugerem duas modas, o que poderia ser interpretado como provável alteração na condição ambiental no período.

A aplicação de probabilidade pelo teste Q-Q plot (Figura 5-C) aponta tendência de perfil de linearidade no período estudado e sugere que os estudos de regressão linear seriam pouco eficientes na explicação do fenômeno. No entanto, os valores da correlação de Pearson desmontaram haver correlações estatísticas significativas diretas da temperatura com o desmatamento progressivo, a razão de densidade populacional por área, a concentração de CO₂ e principalmente com a ocorrência de queimadas. Também apresenta fraca correlação e inversa com o desmatamento por corte raso e forte correlação inversa com a quantidade de precipitação.

Figura 5. Média de temperaturas máximas na Amazônia no período de 2004 a 2016



Fonte: Produzido pelos autores

Os valores de temperatura comparados pelo teste não paramétrico de correlação de Kendall revelam haver correlações relativamente fracas para a maioria dos parâmetros verificados conforme é observado, mas a correlação entre temperatura e precipitação apresentou valores altamente inversos.

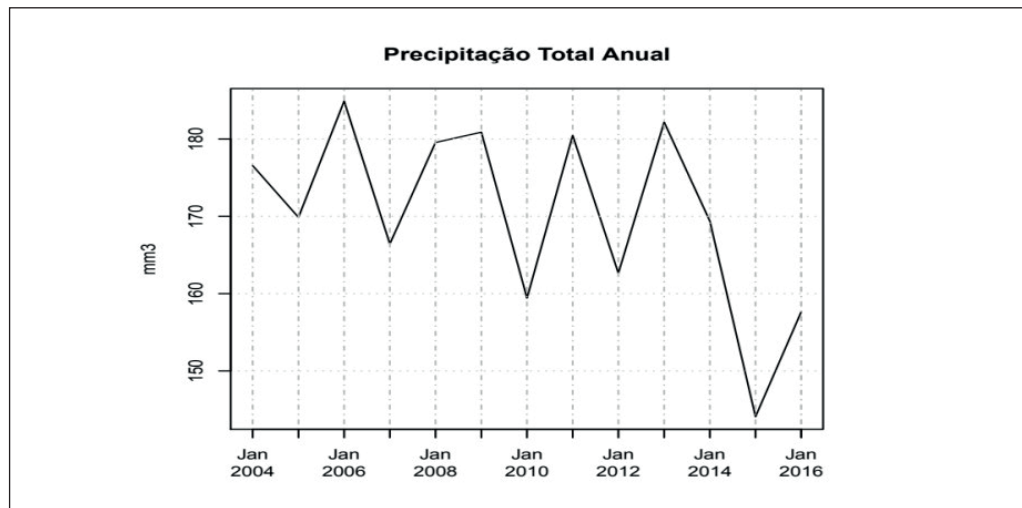
As elevações e a sazonalidade são relacionadas principalmente às estações de inverno; resultados concordantes são encontrados em estudos de Marengo (2004) e dos Santos, (2014) e remetem a tendências de aquecimento para a região do estudo. Marengo (2006) afirma que esse aquecimento pode se dar por causa de fatores naturais observados desde 1950, como o aquecimento das águas do Atlântico Sul, ou a fatores antropogênicos, como desmatamento, queimadas e o efeito de urbanização das cidades, ou a uma combinação dos dois.

Ao se considerar que existem tendências na elevação de temperatura (Figura 5-A), em conjunto com a observação da diminuição da precipitação na região percebidos na Figura 6-A, convém destacar que os maiores valores foram observados na época sazonal do inverno, ou seja, entre os meses de julho a agosto, considerada a estação de transição do período chuvoso para o seco na região da Amazônia. Essa ocorrência é importante porque o aumento desses valores, a tomar pela correlação fortemente negativa observada com a precipitação, pode interferir nos processos de evapotranspiração, formação de nuvens e, conseqüentemente, interferir nos ciclos climáticos.

Os resultados de precipitação total anual e volume de chuvas por milímetro cúbico no bioma amazônico (Figura 6-A) no período no recorte temporal do estudo demonstram que nos primeiros anos a precipitação anual apresentou variações ao longo dos anos com um decréscimo significativo nos últimos anos. A análise do histograma (Figura 6-B) mostra a representação da frequência da precipitação de chuvas em ordem crescente, com a distribuição da frequência

da densidade populacional ao longo tempo. A representação em teste de Q-Q Plot (Figura 6-C) demonstra a força da correlação de precipitação do período coletado.

Figura 6. Taxas médias anuais de precipitação na Amazônia no período de 2004 a 2016



Fonte: Produzido pelos autores

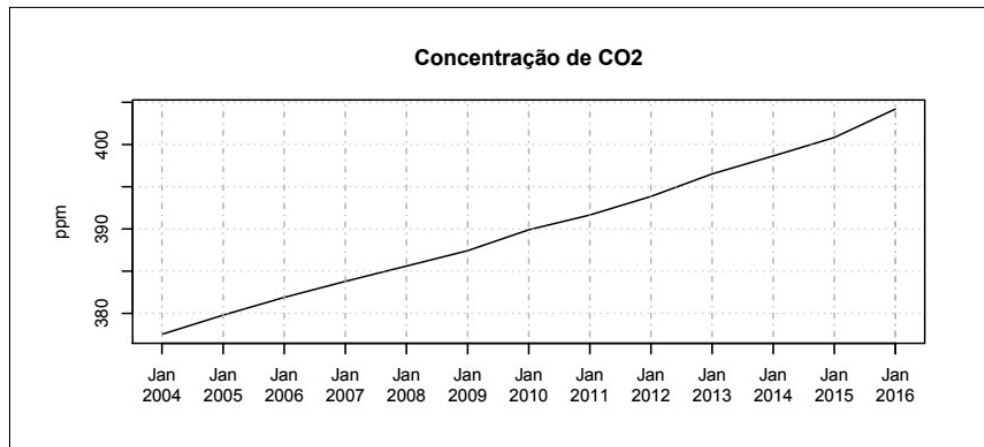
Levando-se em consideração as taxas médias anuais de precipitação, Rocha (2015) afirma que cerca de 20% da precipitação na Amazônia é decorrente da evapotranspiração local; as mudanças no sistema climático estão relacionadas às variações naturais e às ações antropogênicas, afetando a dinâmica dos ecossistemas amazônicos e modificando o ciclo hidrológico regional.

Observa-se que os anos 2008 e 2009 apresentaram taxas de precipitação com comportamento semelhante. Nesse sentido, Marengo (2011) afirma que, no ano 2011, a região Amazônica apresentou chuvas e enchentes muito intensas causadas pelo fenômeno La Niña. Em algumas regiões, a situação ficou tão crítica que o governo disponibilizou recursos para as pessoas desabrigadas; atividades diárias da população, como a pesca, foram modificadas; o acesso às escolas ficou mais difícil.

A bacia do rio Amazonas é responsável por aproximadamente 13% do escoamento superficial em direção aos oceanos e, considerando a abundante vegetação que libera grande quantidade de vapor de água através da evapotranspiração, permite a região também participar de maneira importante (25 a 35%) no ciclo de reciclagem da precipitação de água (NÓBREGA et al., 2005).

Os resultados de emissão de CO₂ (Figura 7) descrevem o aumento que vem ocorrendo em todo o período do estudo. Os valores de menores concentrações foram observados no início do estudo e os valores mais elevados ao final do período. A medida dessa elevação (curva de Keeling) é abordada por vários cientistas com muita cautela devido à divergência na probabilidade e natureza dos efeitos no meio ambiente (MARENGO et al., 2012).

Figura 7. Emissão de CO₂ na Amazônia no período de 2004 a 2016.



Fonte: Produzido pelos autores

Nesse sentido, as correlações testadas no trabalho expõem que existe relação positiva e de grande intensidade ($\text{Tau}=+1,00$) entre o desmatamento progressivo e a razão de densidade populacional por área. Na mesma linha, as correlações mantiveram intensidades menores, mas mantendo o sentido de positividade quando correlacionadas pelo teste de Kendall.

A Amazônia contribui com 12% a 21% da quantidade de carbono liberada, porém, apesar de haver consenso em que a emissão de gás carbônico aumenta o efeito estufa, não existem dados conclusivos sobre o aumento de temperatura, relações demonstradas pela baixa intensidade das correlações apresentadas no trabalho. O aumento da emissão de gases carbônicos como causador de sensíveis mudanças climáticas na Terra é ainda uma afirmação incerta. As pesquisas continuam em níveis especulativos e sua real atuação no processo de alteração climática permanece carente de comprovações.

Considerando-se a temática água e sustentabilidade na Amazônia, cujas alterações no sistema climático refletem sobre as alterações no regime hídrico, a ocorrência de estações de secas e enchentes se definiu com diferentes níveis de relação entre os fatores ambientais e socioculturais.

Pode-se inferir que, no período de 2004 a 2016, o aumento da densidade populacional por área na região amazônica confirma a tendência crescente de ocupação humana no território, levando a considerar a ocorrência de ações antrópicas nesse bioma. Nesse cenário, as variações nos valores dos componentes parametrizados, as análises e teste das hipóteses não foram de natureza linear (Q-Q- Plot) e não corresponderam em significativo coeficiente de Pearson ($p>0,001$), nem satisfatório coeficiente de determinação (R_2). Pode-se concluir que essas correlações, se existentes, não são paramétricas, não são diretas nem lineares.

A interpretação de Kendall se mantém efetiva considerando-se o grau de concordância entre os pontos coletados e a ordenação de coletas durante os anos, a repetitividade de resultados e a variação das correlações de Kendall. Constatou-se que a associação de correlações entre os fatores influenciadores do efeito estufa, do desmatamento e da variação do regime hídrico promovem em conjunto as alterações climáticas observadas na região. Observou-se a associação inversa da quantidade de precipitação com as ocorrências de queimadas e a elevação da temperatura média máxima no período do estudo. Somam-se as associações positivas, como a elevação da temperatura média máxima com a elevação de CO₂

e o aumento na razão de densidade populacional por área e o desmatamento. Todos esses fatos demonstram a importância das atividades antrópicas no saldo da modificação produzida dos forçantes do sistema climático na região amazônica.

Nessa linha, a retirada da cobertura vegetal no bioma amazônico e as práticas culturais de antropização de cunho pirogênico observadas no período de estudo demonstram haver correlações diretas e inversas fortemente relacionadas ao cenário econômico-social. O avanço sobre o território estabelece uma “nova sociabilidade” fundada na economia de mercado, que introduz a modernidade tecnológica e tem como característica a exploração predatória como forma de ocupação. Esses fatores reunidos têm potencial para ampliar a ocorrência de eventos climáticos extremos, como estiagens e inundações, que impactam diretamente no ciclo hidrológico da região Amazônica.

Referências

AGUIAR AP, O, JP. et al. **Modeling the spatial and temporal heterogeneity of deforestation-driven carbon emissions: the INPE-EM framework applied to the Brazilian Amazon.** *Global Change Biology*, v.1, n.18, 2012.

ALARA, L.L.; HOLLAND, E.A.; ARTAXO, P.; et al. **Land use and expanding industrialization are changing nitrogen deposition in Brazil.** *Biogeochemistry* (in press). 2006.

ANDERSON, D. J.; SWEENEY, D. J.; WILLIAMS, T. A. **Estatística aplicada à administração e Economia.** Tradução da 2. ed. Norte-americana. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

ANDREAE, M. O.; TALBOT, R.W.; LI, S. **Atmospheric measurements of pyruvic and formic acids.** *Journal Geophysical Research*, v.92, p.6635-6641, 1990.

ANDREAE, M. O.; CRUTZEN, P. J. **Atmospheric aerosols: biogeochemical sources and role in atmospheric chemistry.** *Science*, v. 276, p. 1.052-1.058, 1997.

ANDREAE, M.O. et al. **Smoking rainclouds over the Amazon.** *Science*, 303, 2004. ALVES, D. S. **Space-times dynamics of deforestation in Brazilian Amazon.** *International Journal of Remote Sensing*, v. 23, n.14, 2002.

ARAUJO, H. J. B.; OLIEVIRA, L. C., V, S. S; CORREIA, M. F. **Danos provocados pelo fogo sobre a vegetação natural em uma floresta primária no estado do acre, Amazônia brasileira.** *Ciência Florestal*, v.23, n.2, p. 297-308, 2013.

ARTAXO, P. et al. **Physical and chemical properties of aerosols in the wet and dry season in Rondônia, Amazonia.** *Journal of Geophysical Research*, v.107, 2002.

ARTAXO, P. et al. **Química atmosférica na Amazônia: a floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica.** *Acta Amazonica*, v. 35, n. 2, p. 185-196, 2005.

ARTAXO, P. **Mudanças climáticas globais e a Amazônia.** *Ciência Hoje*, v.35, n.206, p. 40-42, 2004.

ARTAXO, P.; ANDREAE, M. O.; GUENTHER, A.; et al. **Atmospheric Chemistry**: Unveiling the lively interactions between the biosphere and the Amazonian atmosphere. IGBP Global Change Newsletter, p.12-15, 2001.

ARTAXO, P.; DIAS, M. A. F. S.; NAGY, L.; et al. **A. Perspectivas de pesquisas na relação entre clima e o funcionamento da floresta amazônica**. Ciência e Cultura, v.66, n.3, p.41-46, 2014.

ARTAXO, P.; SILVA-DIAS, M. A. F.; ANDREAE, M. O. **O mecanismo da floresta para fazer chover**. Scientific American Brasil, v.1, n.11, p. 38-45, 2003.

BALBINOT, R.; OLIVEIRA, N. K.; VANZETTO, S. C.; et al. **O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas**. Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, [s.l.], v. 4, n. 1, p. 131-149, 2009.

BECKER, B. K. **A Especificidade do Urbano na Amazônia**: Desafios para políticas Públicas Consequentes. Estudo elaborado para a Secretaria de Coordenação dos Assuntos da Amazônia. Legal - Ministério do Meio Ambiente. Rio de Janeiro, Ministério do Meio Ambiente, 1998, 60p.

BARLOW, J., C. PERES, R. O. LAGAN & T. HAUGAASEN. **Large tree mortality and the decline of forest biomass following Amazonian wildfires**. Ecology Letters, v.6, p.6-8, 2003.

BRANDO, P. M., et al. **Drought effects on litterfall, wood production, and belowground carbon cycling in an Amazon forest**: results of a throughfall reduction experiment. Phil. Trans. R. Soc. B, v. 363, p.1839–1848, 2008.

CARVALHO, T. S. **Uso do Solo e Desmatamento nas Regiões da Amazônia Legal Brasileira**: condicionantes econômicos e impactos de políticas públicas, 2014, 219 p. (Tese de Doutorado). Belo Horizonte: Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional (Cedeplar) Universidade Federal de Minas Gerais, 2014. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I.

COSTA, M.H.; PIRES, G.F. **Effects of Amazon and Central Brazil deforestation scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation**. International Journal of Climatology, v.30, p.1970–1979, 2010.

COX, P. M. et al. **Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution**. Nature, v.453, p. 212-215, 2008.

COX, P. M. et al. **Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model**. Nature, p.184-187, 2000.

COX, P. M. et al. **The role of ecosystem-atmosphere interactions in simulated Amazonian precipitation decrease and forest dieback under global change warming**. Theor. Appl. Climatol, 78, 157-175, 2004.

FEARNSIDE, P. M. **Desmatamento na Amazônia**: dinâmica, impactos e controle. Acta Amaz. [Online], v. 36, n. 3, p. 395-400, 2006.

FEARNSIDE, P. M. **A Floresta Amazônica nas Mudanças Globais**. Manaus, AM: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, 134p, 2003.

FEARNSIDE, P. M. **Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates and consequences.** Conservation Biology, v.19, n.3, p. 680-688, 2005.

FEARNSIDE, P. M. **Global warming in Amazonia: impacts and Mitigation.** Acta Amaz, v. 39, n. 4, 2009.

FERREIRA, Ademir Pacelli. **Cruzando fronteiras disciplinares: um panorama dos estudos migratórios.** Rio de Janeiro: Revan, 2005.

FIELD, C. B.; JACKSON, R. B.; MOONEY, H. A. **Stomatal responses to increased CO₂: Implications from the plant to the global scale.** Plant Cell and environment, n.18, p. 1214-1225, 1995.

IBGE 2004. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/amaz%C3%B4nia>>. Acesso em: 30 out. 2017.

IBGE, 2010. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>. Acessado em: 30 de out. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE. 2008. Monitoramento da cobertura florestal da amazônia por satélite. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/deter/pdfs/relatorio_prodes2008.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE. **Programa queimadas: monitoramento por satélite.** 2016. Disponível em: <<http://www.inpe.br/queimadas>>. Acesso em: 12 nov. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE. **Queimadas: monitoramento de focos.** 2017. Disponível em: <<https://prodwww-queimadas.dgi.inpe.br/bdqueimadas/>> Acesso em: 13 set. 2017.

KAUFMAN, Y. J. et al. **Terrestrial remote sensing science and algorithms planned for the MODIS-EOS.** International Journal of Remote Sensing, v.15, n.17, 1994.

MACHADO, L. O. **Urbanização e Mercado de trabalho na Amazônia Brasileira.**

Rio de Janeiro: Cadernos IPPUR, 1999.

MARENGO, J. A. **Água e mudanças climáticas.** Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008.

MARENGO, J. A. **Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin.** Theoretical and Applied Climatology, n.78, p.79-96, 2004.

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade – caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI.** 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, v.1, p.214, 2007.

MARENGO, J. A. **On the hydrological cycle of the Amazon basin: a historical review and current state-of-the-art.** Revista Brasileira Meteorologia, v. 21, n. 3, p. 1-19, 2006.

MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; et al. **The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region**. Geophysical Research Letters, [s.l.] v. 38, p. 1-5, 2011.

MARENGO, J. A. et al. **Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/ HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco and the Parana River Basins**. Climate Dynamics, v. 38, p. 1829-1848, 2012.

MARTINE, G; TURCHI, L. **A questão da Urbanização na Amazônia: realidade e significado**. In: Ciência e Tecnologia no Processo de Desenvolvimento da Região Amazônica. Série Estudo para Planejamento em Ciência e Tecnologia, Brasília, SCT/DR; CNPq; CEST, 1990.

MARTINS, J. S. **Frente pioneira: contribuição para uma caracterização sociológica**. In: _____ . Capitalismo e tradicionalismo no Brasil: estudos sobre as contradições da sociedade agrária no Brasil. São Paulo: Ed. Pioneira, Cap. III, p. 43-50, 1975.

MARTINS, J. S. **O tempo da fronteira: retorno à controvérsia sobre o tempo histórico da frente de expansão e da frente pioneira**. In: _____ . Fronteira: a degradação do Outro nos confins do humano. 2.ed. rev. e atualizada. São Paulo: Contexto, p. 131-179, 2009.

MEYFROIDT, P.; LAMBIN, E.; HEINZ, K.; et al. **Globalization of land use: distant drivers of land change and geographic displacement of land use**. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 5, p. 438–444, 2013.

MIRANDA L. A.; ARAÚJO R. S. **Mudanças climáticas: análise de dois pontos de vista**. Perp. Online: Hum. & sociais aplicadas, Campos dos Goytacazes, v.9, n.4, p. 47-55, 2014.

MOLION, L.C.B. **Aquecimento Global, manchas solares, EL niños e Oscilação Decadal do Pacífico**. Revista Climanálise, [s.l.], ano 3, n.1. 2014. Disponível em: <http://www.geocities.ws/zuritageo/aquecimentoglobal.html>. Acesso em: 30 out. 2017.

NASA. 2017. Disponível em : <<https://www.nasa.gov/>>. Acesso em: 0 out. 2017

NEPSTAD, D. C. et al. **Amazon drought and its implications for forest flammability and tree growth: a basin-wide analysis**. Global Change Biol, v.10, p.704–717, 2004.

NEPSTAD, D. C. et al. **Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests**. Forest Ecol. Manage, v.154, p. 395–407, 2001.

NOBRE, C. A.; OLIVEIRA, G, S. **Mudanças climáticas**. Emília Wanda Rutkowski (Org.). In: Mudanças Climáticas e Mudanças Socioambientais Globais: reflexões sobre alternativas de futuro, Brasília: UNESCO, IBECC, 2008.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. **Mudanças climáticas e Amazônia**. Ciências e Cultura, v.59, n.3, 2007.

NÓBREGA, R. S. et al. **Reciclagem de vapor d'água sobre a América do Sul utilizando Reanálises do NCEP-NCAR**. Revista Brasileira Meteorologia, v.20, p.253-262, 2005.

PIONTEKOWSKI, V. J. et al. **Avaliação do desmatamento no estado de Rondônia entre 2001 e 2011**. Floresta Ambient, Seropédica, v. 21, n. 3, p. 297-306, 2014.

RAY, D.; NEPSTAD, D.; MOUTINHO, P. **Micrometeorological and canopy controls of fire susceptibility in forested Amazon landscape**. Ecol. Appl, v.15, p. 1664–1678, 2005.

ROCHA, V. M. et al. **Reciclagem de Precipitação na Bacia Amazônica: O Papel do Transporte de Umidade e da Evapotranspiração da Superfície**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 32, n. 3, 387-398, 2017.

ROCHA, V. M.; ROCHA, V. M.; CORREIA, F. W.; FONSECA, P. A. M. F. **Reciclagem de precipitação na Amazônia: um estudo de revisão**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 30, n. 1, 59 - 70, 2015.

SMITH, N. J. H. **Amazon Sweet Sea: land, life and water at the River's Mouth**. Austin: University of Texas Press, 2002. 296 p.

TILIO NETO, PD. **Ecopolítica das mudanças climáticas: o IPCC e o ecologismo dos pobres** [online]. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2010.

TRENBERTH, K. E. et al. **Observations: Surface and Atmospheric Climate Change**. In: SOLOMON, S. D. et al. (Ed.) **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, United Kingdom, New York: Cambridge University Press, 2007.

UHL, C.; KAUFFMAN, J. B. **Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon**. Ecology, p.71, p. 437–449, 1990.

VASCONCELOS, S., et al. **Suscetibilidade da vegetação ao fogo no sul do Amazonas sob condições meteorológicas atípicas durante a seca de 2005**. Revista Brasileira de Meteorologia, 30(2), 134-144, 2015.

VELHO, O. G. **Frentes de Expansão e Estrutura Agrária: estudo do processo de penetração numa área da Transamazônica**. Rio de Janeiro: Ed. Zahar, 1972.

5

USO DA ÁGUA COMO AGENTE PRODUTOR DE ENERGIA E SUA INFLUÊNCIA NO MEIO AMBIENTE: ESTUDO DE CASO NO DISTRITO DE LUZIMANGUES, PORTO NACIONAL/TO, BRASIL

Elisandra Scapin

José Lamadrid Marón

Fabian Serejo Santana

Fernanda Brito de Abreu

Juliane Nancy Lima Porto

Vanessa Ribeiro de Sousa Santos

Aparecido Osdimir Bertolin

O Brasil é um dos países com maior disponibilidade em recursos hídricos, com cerca de 13% da água doce do planeta. Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA) (BRASIL, 2010), as vazões médias geradas em território brasileiro totalizam quase 180 mil m³/s, com disponibilidade hídrica total da ordem de 91 mil m³/s, computada pelas vazões com 95% de permanência, considerando o somatório dos escoamentos contribuintes até o exutório de todas as regiões hidrográficas brasileiras. No contexto nacional, a bacia hidrográfica Tocantins/Araguaia ocupa posição de destaque (BRASIL, 2009, p.13), sendo a segunda maior região brasileira em termos de disponibilidade hídrica, totalizando 13.624 m³/s de vazão média (Q), que significa 9,6% do total do país e uma vazão específica média de 14,84 L/s, considerando a área de 918.273 km² (BRASIL, 2006). Esse potencial hídrico demonstra a relevância da bacia Tocantins/Araguaia para o desenvolvimento econômico do Brasil.

Em potencial hidrelétrico instalado, a região Tocantins/Araguaia conta com 11.573 MW (16% do país) com cinco grandes usinas em operação, todas no rio Tocantins (BRASIL, 2009). A usina de Serra da Mesa tem o maior volume de reservatório do país, e a de Tucuruí (8.365 MW), a maior capacidade de geração de uma usina nacional. Somente a usina de Tucuruí é responsável pelo abastecimento de energia elétrica de 96% do estado do Pará e 9% do Maranhão. Do total da potência hidráulica instalada no país, cerca de 10% está na região hidrográfica Tocantins/Araguaia.

De acordo com o Plano Decenal 2030, o potencial de expansão hidrelétrica da região hidrográfica do Tocantins/Araguaia totaliza cerca de 26.764 MW, ocupando, dessa forma, ordem de importância quanto à geração de energia, e, devido à sua localização estratégica com relação aos mercados consumidores da região Nordeste, é considerada como prioritária para a implantação de aproveitamentos hidrelétricos (BRASIL, 2007).

As hidrelétricas têm sido a principal fonte de energia utilizada pelo Brasil para atender a uma demanda cada vez maior (BRASIL, 2016). Porém, estudiosos alertam para os efeitos e danos ao meio ambiente, a saber, à fauna e à flora locais por meio do alagamento e também podem alterar o regime hidrológico local, afetando as condições de vida não apenas da fauna aquática, mas de todo o ecossistema, principalmente em relação aos biomas com estações bem marcadas de cheia e vazante (JACOBI; GRANDISOLI, 2017).

Inserida nesse contexto, a construção da UHE Lajeado, posteriormente nomeada UHE Luís Eduardo Magalhães (LEM), era uma obra que fazia parte do planejamento energético nacional, o qual já estava previsto na definição de Palmas/TO, tendo sido iniciada em julho de 1998. O consórcio que construiu a UHE obteve autorização para exploração do potencial de energia hidráulica localizado no rio Tocantins (BRASIL, 2017), definido pelas coordenadas geográficas 9°45'26" de latitude Sul e 48°22'17" de longitude Oeste, nos municípios de Lajeado e Miracema do Tocantins, denominado aproveitamento hidrelétrico Luís Eduardo Magalhães (LEM), com potência instalada mínima de 902,5 MW.

Conforme dados do EIA/RIMA (THEMAG, 1996), a formação do reservatório da UHE LEM inundaria 75.000 ha de áreas rurais, onde moravam 997 famílias, com um total de 4.130 pessoas. Essas famílias estavam distribuídas entre os municípios tocantinenses de Porto Nacional (417), Palmas (333), Miracema do Tocantins (112), Brejinho de Nazaré (104) e Lajeado (31). A INVESTCO (empresa responsável pela construção) informa que foram reassentadas 535 famílias e 1.767 receberam algum tipo de tratamento de negociação, porém Silva Jr. (2007) informa que o total de famílias afetadas chegou a 4.777. Essa discrepância, relacionada ao número de famílias atingidas, significa que entre os estudos e o desfecho do processo de relocação houve um acréscimo de famílias consideradas atingidas.

Se por um lado os efeitos são percebidos de forma negativa e destrutiva ao meio ambiente, por outro lado é preciso ampliar a avaliação sobre impactos decorrentes da construção de uma hidrelétrica, pois os efeitos do enchimento do reservatório se estendem muito além da produtividade de energia elétrica, sendo também percebidos como janelas de grandes oportunidades para o desenvolvimento social e econômico das populações atingidas. Nessa linha, seguem os argumentos defendidos pela empresa responsável pela construção da UHE LEM, segundo a qual, os reservatórios das hidrelétricas, desde que planejados e operados adequadamente dentro da ótica de usos múltiplos da água, possibilitam a implantação de empreendimentos com inserção regional (CELTINS, 1996). O Plano Nacional de Energia 2030 considera emblemático o fator sócio-econômico, pois avalia que os efeitos de projetos mais recentes sobre núcleos urbanos por eles afetados apresentam índices de desenvolvimento humano geralmente superiores aos da região na qual se inserem. Defendem, também, que qualquer potencial hidráulico deve cuidar para que os impactos ambientais provocados sejam mitigados, mas que é preciso avançar na direção de fazer com que um aproveitamento desse tipo seja elemento de integração regional (BRASIL, 2007).

Essa perspectiva da água do reservatório como agente transformador do ambiente e sua capacidade de estabelecer novos espaços urbanos é confirmada por Pinto (2012), para quem, após o enchimento do reservatório da UHE LEM e a construção da Ponte Fernando Henrique Cardoso ligando Palmas a Porto Nacional, e daí interligando com Paraíso do Tocantins e com a BR-153, surge um crescente interesse dos proprietários de terras e do mercado imobiliário em novos loteamentos na região chamada de Luzimangues.

Nesse sentido, percebeu-se a importância de avaliar como os efeitos da formação de um reservatório, que se estendem muito além da produção de energia elétrica, promovem

transformações que interferem em todo o ambiente, mudando paisagens, criando novos cenários, desfazendo e refazendo relações bióticas e abióticas, desestruturando e criando novas estruturas humanas. Sendo assim, objetivou-se analisar a influência da formação do reservatório de água usado como agente produtor de energia sobre o meio ambiente.

Escolheu-se o distrito de Luzimangues como estudo de caso representativo das transformações ocorridas a partir da influência do reservatório da UHE LEM. Esse distrito está localizado a 70 km da sede do município de Porto Nacional, com população estimada em 2.310 habitantes (IBGE, 2010). O recorte temporal definido compreende de 1993 até 2017, considerando a criação do distrito e o enchimento do reservatório até os dias atuais, tendo como base a área censitária estabelecida pelo IBGE.

A perspectiva da água do reservatório como agente transformador do ambiente e sua capacidade de estabelecer novos espaços urbanos é apontada por Pinto (2012) como um dos fatores que influenciaram a expansão urbana do distrito de Luzimangues. Todavia, além do reservatório, outros fatores são percebidos como elementos catalisadores de interesses na região, corroborando para o rápido crescimento populacional e intensa especulação imobiliária nesse distrito, quais sejam: sua localização com relação à capital, preços mais baixos e facilidades de pagamento. Nesse mesmo compasso, Teles (2013) descreve uma série de fatores que contribuíram para as transformações dessa região, a saber: a construção da UHE Lajeado em 1998, a criação da unidade de conservação APA Lago de Palmas em 1999, a definição do macrozoneamento urbano do distrito em 2002, a elaboração do Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Porto Nacional (PDDS-PN) em 2006 e a construção do pátio multimodal da Ferrovia Norte-Sul em 2008.

Para entender a dinâmica do uso e ocupação solo, bem como as transformações sociais ocorridas, foram realizados, além do levantamento bibliográfico, produção de mapas de uso e ocupação do solo a partir de imagens dos satélites Landsat5-TM e Landsat8-OLI, e atividades de campo que incluíram entrevistas semi-estruturadas aos moradores do distrito e análise física do solo.

1. Caracterização de Luzimangues antes e depois do reservatório

1.1 Luzimangues não nasceu por acaso

Situado a 12 km de Palmas, capital do Tocantins, às margens da TO-080, Luzimangues emerge como um aglomerado urbano em plena expansão. Situado a cerca de 70 km de sua sede, Porto Nacional, nesse distrito é possível encontrar um comércio em plena efervescência, com lojas de materiais de construção, hotel, postos de gasolina, lojas de produtos agropecuários, supermercados, igrejas, bares, restaurantes, uma feira de produtos de hortifrúti e artesanais, e tantos outros. Além do comércio, em contínua expansão, também se multiplicam placas com anúncios de vendas de lotes e novos loteamentos.

Mas nem sempre foi assim; até os anos 1990, antes da criação do distrito, a região era apenas zona rural que tinha agropecuária como principal atividade econômica e onde havia um pequeno e pacato povoado conhecido como “Vila Graciosa” ou “Porto da Balsa”, que crescia às margens do rio Tocantins. Dez anos depois, de acordo com os últimos dados

do Censo do IBGE (2010), aquele pequeno povoado tornara-se o distrito de Luzimangues, que contava com um total de 809 domicílios distribuídos na área urbana, com uma população de 2.310 habitantes. Entretanto, esses números continuavam em tendência crescente. Para se ter uma ideia, só no período compreendido entre 1995 e 2006, ano da aprovação do Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável (PDDS), são contabilizados 4.275 lotes, o que corresponde a 19,15% do total contabilizado até 2012. No período compreendido entre 2007 e 2012, são produzidos 18.048 lotes, correspondendo a 80,85% do total contabilizado (PINTO, 2012). São números que demonstram um *boom* de expansão imobiliária e de grandes transformações nessa região, e que tem ensejado estudos sobre os fatores os quais têm provocado mudanças tão profundas.

O nome Luzimangues é a junção dos nomes de dois rios, Mangues e Santa Luzia, que foi inicialmente instituído no dia 14 de outubro de 1993, por meio da Lei nº 1.415/93, com o nome distrito de Mangues/Santa Luzia; no entanto, um ano depois, em 21 de junho de 1994, teve o nome alterado pela Lei 1.454/1994 e passou a ser chamado Luzimangues.

Antes de se tornar distrito, havia na região da margem esquerda do rio Tocantins dois pequenos povoados chamados Vila Graciosa e Vila da Balsa. Todavia, segundo informa Pinto (2012), a região vem sendo ocupada desde a primeira metade do século XIX e sua formação se confunde com a própria história de Porto Nacional, com uma distribuição esparsa pelo cerrado de propriedades rurais voltadas à agricultura de subsistência e à criação de gado.

Embora o distrito tenha sido criado oficialmente em 14 de outubro de 1993, é forçoso concluir que Luzimangues já estava lá e subsistia através de sua cultura e raízes familiares perpetuadas pela transmissão de saberes e memórias que geravam laços com o lugar. Então, o que realmente foi preponderante nesse processo de transformação? Teria uma lei o condão de criar ou transformar toda a realidade dessa comunidade, seja ela física ou simbólica, ou apenas serviria como instrumento do poder público para legitimar uma realidade posta?

Para compreender como um pequeno povoado, que cresceu às margens do rio Tocantins e posteriormente foi deslocado para um reassentamento devido à construção da UHE LEM, veio a transformar-se em um distrito em plena expansão foi realizada pesquisa documental do EIA/RIMA da UHE LEM e levantamento histórico sobre as origens dos estudos de aproveitamento hidrelétrico da bacia Tocantins/Araguaia.

Os estudos do EIA/RIMA (THEMAG, 1996) demonstram que já se avaliavam os fortes impactos que se desencadeariam sobre a região do atual distrito de Luzimangues. Segundo o estudo, a formação do reservatório alteraria substancialmente as vantagens locais existentes à época naquela localidade. O reservatório teria aproximadamente 7 km de largura, o que inviabilizaria a travessia de uma margem para outra. Dessa forma, a relocação do núcleo populacional para áreas mais afastadas (interiores) deveria considerar a capacidade de absorção de mão de obra.

O poder de influência dos grandes empreendimentos hidrelétricos foi estudado recentemente por Neto e Herrera (2016), os quais analisam os novos papéis de centralidade conferidos à cidade de Altamira/PA a partir da instalação da usina hidrelétrica de Belo Monte. A construção da UHE Belo Monte é um fator determinante para a consolidação do papel de centralidade auferido por Altamira. O maior dinamismo econômico advindo das novas demandas surgidas a partir do grande empreendimento hidrelétrico promove importantes alterações na dinâmica intraurbana, altera a forma e o conteúdo da cidade, amplia sua capacidade de oferta ligada ao setor terciário, promove maior absorção da força de trabalho e altera a complexidade das funções de gestão próprias das cidades médias.

No caso da UHE LEM, os estudos oficiais para o aproveitamento hidrelétrico ao longo da bacia do rio Tocantins começaram a partir de 1972, após a Eletrobrás obter os dados preliminares de viagens, fotos aéreas, mapas e relatórios que já tinham sido realizados a partir de 1964. O primeiro inventário completo da bacia do Tocantins foi concluído em 1976, incluindo seus tributários, realizado pelo consórcio Engevix/Ecotec para Eletrobrás/Eletronorte, conforme os dados da Eletronorte em 1988 (ARAÚJO, 2003; MAURIZ, 2008).

Considerando-se que o enchimento do reservatório da UHE LEM ocorreu em 2001, praticamente três décadas depois dos estudos de impacto, depreende-se que essa informação foi determinante para diversas tomadas de decisão da governança estadual, que interferiram direta e indiretamente no crescimento e expansão de Palmas e seu entorno, especialmente o distrito de Luzimangues. Com a construção, foram deslocadas as comunidades ribeirinhas que habitavam essa região dando origem ao reassentamento de Luzimangues (com área de 950,96 ha), localizado às margens da TO-080, km 12, em Porto Nacional.

No início de 2000, foram remanejadas 83 famílias atingidas pela construção da UHE, oriundas das fazendas Ribeirão do Maia, Sapezal, Brejinho da Vila da Balsa e Mutuca, que residiam às margens do rio Tocantins e cuja principal fonte de renda era a agropecuária. As principais atividades agrícolas desenvolvidas por essas comunidades eram o plantio de arroz, feijão, milho, banana, pimenta de cheiro e horta, além de pecuária e criação de pequenos animais, como galinhas, porcos e caprinos. As produções eram comercializadas em Palmas, em pontos de comércio na beira do rio, perto da balsa, venda direta para o comércio local e supermercados e através de pontos nas feiras. Viviam em comunidade e realizavam atividades culturais, principalmente de característica religiosa, como festa do Divino, festejo de São João e Santa Luzia (SENÊ, 2007).

As moradias tinham as seguintes características: a maioria construída de alvenaria (63%) com piso de cimento (55%) e telhado de telhas cerâmicas (49%) ou palha (49%). A energia elétrica estava presente na maior parte das residências e o abastecimento de água era proveniente de poços, sendo que em 81% dos domicílios a água não recebia qualquer tipo de tratamento.

Como afirmado anteriormente, antes do enchimento do lago, os primeiros habitantes moravam num pequeno povoado chamado Vila Graciosa, também conhecida como Vila da Balsa, que cresceu durante e após a construção de Palmas. A maior parte das famílias (77%) residiam há menos de três anos na localidade. Havia uma escola estadual, posto de saúde, posto telefônico e pequenos estabelecimentos comerciais.

A leitura do EIA/RIMA (THEMAG, 1996) revela detalhes das características socioculturais econômicas dos antigos moradores das regiões diretamente afetadas pelo enchimento do reservatório. Interessa-nos, especificamente, identificar as características das populações que viviam na região do atual distrito de Luzimangues.

Quanto à fonte de renda, cerca de 85% dos responsáveis pelas famílias auferiam rendimentos que variavam entre menos de um até três salários mínimos, distribuídos nas seguintes áreas: 25% eram agricultores ou lavradores, 15% funcionários públicos e 21% trabalham em atividades diversas na área rural ou urbana. Havia uma escola estadual, um posto de saúde e equipamentos de saúde de Palmas. Por fim, a aquisição dos gêneros de consumo duráveis e não duráveis e os serviços públicos e privados eram adquiridos em Palmas.

A partir desse levantamento sobre a realidade encontrada antes da construção da hidrelétrica faz-se necessário discutir como a formação do reservatório influenciou e quais alterações se desencadearam na região.

1.2 Uso e ocupação do solo

Concomitante à construção dos reservatórios de água ocorrem alterações na maioria das vezes irreversíveis nas áreas atingidas. Essas alterações ocorrem tanto por conta do enchimento nos locais alagados quanto pela nova organização urbana e rural. Empreendimentos como esses costumam estar atrelados à expansão urbana, entendida por Japiassu e Lins (2014) como um processo pelo qual as cidades passam desde o momento de sua criação e acabam resultando em crescimento, que, por sua vez, pode ser analisado, entre outros aspectos, pelo demográfico. Para Veiga (2002), esse é um critério muito importante e que permite a diferenciação entre urbano e rural do restante dos municípios que se encontram fora dessa conjuntura. Esse é o indicador que melhor expressa a “pressão antrópica” e reflete as modificações do meio natural ou o grau de artificialização dos ecossistemas que resultam de atividades humanas, sendo o que de fato indicaria o grau de urbanização.

À luz desses conceitos, o distrito de Luzimangues foi analisado também sob o viés das transformações ocorridas no uso e ocupação do solo. Dessa forma, foram gerados quatro mapas com o objetivo de ilustrar essas mudanças a partir de análises feitas em um recorte temporal nos anos 2001, 2004, 2010 e 2017, compreendendo o período que antecede e sucede o enchimento do reservatório até os dias atuais.

Os mapas para análise do uso e ocupação do solo foram produzidos a partir das seguintes imagens: Landsat5-TM 222/67 composição 345 RGB (2004-06-09, 2001-09-21, 2010-08-13) e Landsat8-OLI 223/065 composição 534 RGB (2017-08-04). As imagens foram georreferenciadas usando-se como base a área censitária estabelecida pelo IBGE (95.061 hectares, 9643), na escala 1:250.000, em formato digital. Os dados foram processados no software QGIS 2.18, bandas 3, 4 e 5 e tratados no software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Faz-se necessário pontuar que as áreas de cerrado e áreas agrícolas possuem resposta espectral semelhante, que podem ser acentuadas devido ao período do ano em que as imagens foram capturadas.

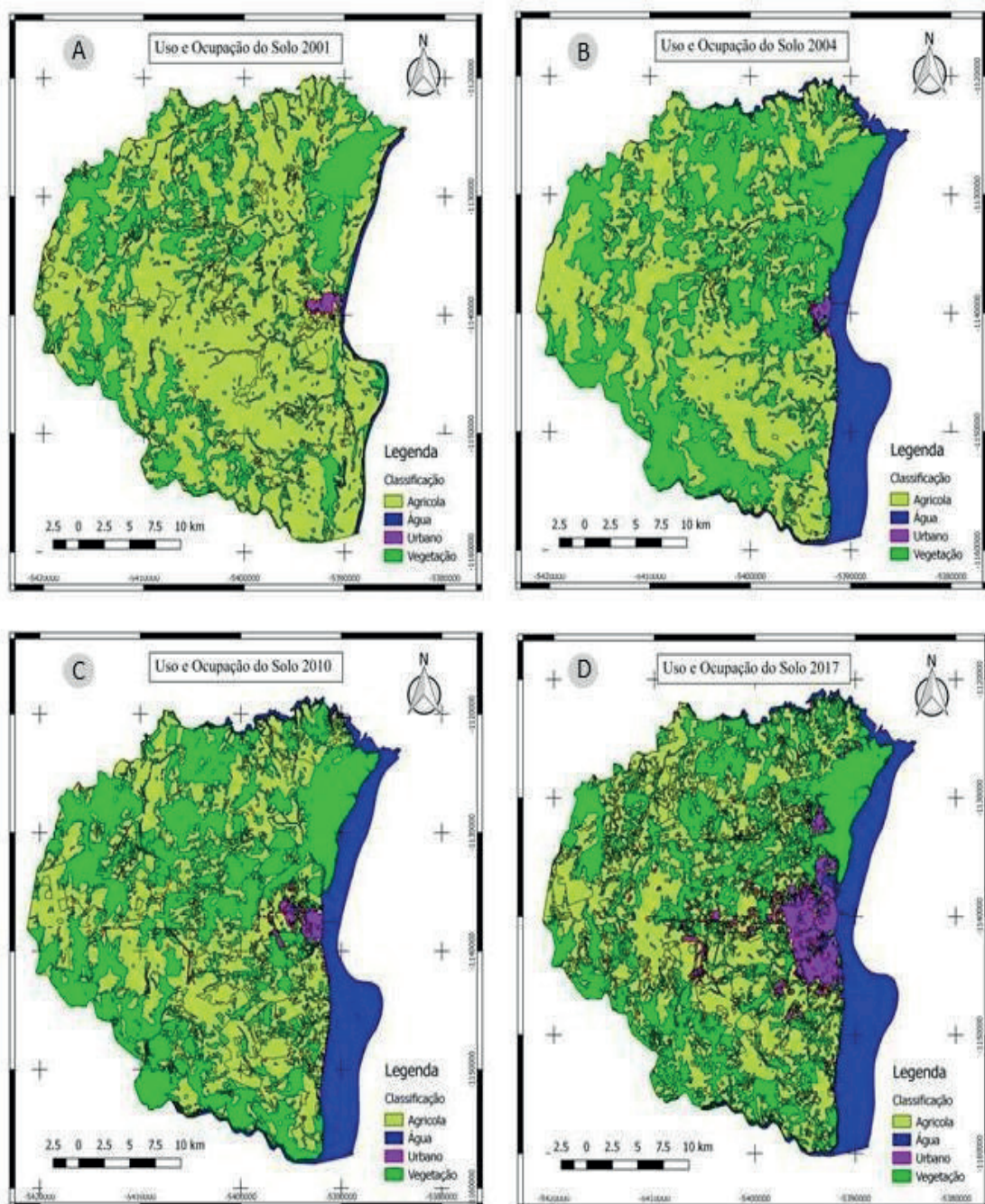
Dessa forma, analisando-se os mapas de 2001 e 2004 (Figura 1A; 1B), percebe-se a predominância de área agrícola em 2001, representando 69,77% (Tabela 1) da área total do distrito, que aparentemente foi substituída por vegetação em 2004, mostrando uma redução de mais de 23% de área agrícola. Ocorre que a imagem de 2001 foi capturada em setembro, após um longo período de estiagem, característico do clima da região. No período de estiagem, o cerrado, bioma predominante no distrito, sofre alterações na sua composição e pode influenciar na resposta espectral esperada para a vegetação. Mesquita Júnior (1998) ressaltou a importância de se considerar as variações climáticas ao analisar a cobertura vegetal de determinada região. Ainda é possível que as gramíneas do cerrado stricto sensu possuam resposta espectral semelhante às áreas de pasto, que, neste trabalho, foram incluídas como agricultura. Na área analisada, é predominante a presença da gramínea *Brachyaria*, com áreas verdes no entorno da região, características do cerrado stricto sensu e campo sujo (MOREIRA, 2017).

Durante as observações realizadas em campo, notou-se que nos loteamentos predominam espécies de árvores aparentemente da composição original, indicando que não foram removidas. As espécies mais frequentes foram *Caryocar brasiliense* (pequi), *Anacardium occidentale* (Caju), *Curatella americana* (Sambaíba), *Physocalymma Sacaberrimum* (Cega machado), *Cenostigma macrophyllum* (Cega facão).

No que tange à expansão urbana, percebe-se um crescimento urbano inicialmente incipiente entre 2001 (Figura 1A) e 2004 (Figura 1B), assumindo proporções acentuadas

após esse período, como é possível observar nos mapas de 2010 e 2017, (Figuras 1C;1D), respectivamente. Percebe-se que parte da área urbana do distrito que é evidenciada no mapa de 2001 (Figura 1B) foi alagada, dando a impressão de diminuição da área urbana, porém, na Tabela 1, nota-se que a área urbana em 2004 era maior, compreendendo 0,47% do distrito, enquanto em 2001 a área urbana ocupava 0,41% do distrito. Apesar do alagamento de parte da área urbana, é provável que loteamentos tenham sido “abertos” com a expectativa de aumento das vendas diante das transformações naturais que ocorreriam no distrito após o enchimento do reservatório, evidenciando o início da expansão urbana no distrito.

Figura 1. Mapa de uso e ocupação do solo do distrito de Luzimangues, Porto Nacional - TO, nos anos de: A) 2001; B) 2004; C) 2010; D) 2017.



Fonte: Mapa elaborado por Denilson Kulman (2017).

Após esse período, em 2010, observa-se uma operacionalização mais intensa da expansão urbana através de um crescimento territorial urbano. A Figura 1C ilustra o aumento da urbanização a partir de novos loteamentos que foram surgindo no intuito de suprir a procura por lotes “próximos ao lago” ou “com custo mais acessível”. Esses itens associados ao fator “proximidade com a capital” tornaram Luzimangues uma área de grande interesse para muitos empreendedores.

Tabela 1. Quantificação das áreas do uso e cobertura do solo no distrito de Luzimangues, Porto Nacional/TO.

	LANDSAT5-TM 222/67 21/09/2001	LANDSAT5-TM 222/67 09/06/2004	LANDSAT5-TM 222/67 13/08/2010	LANDSAT8-OLI 223/065 04/08/2017
Classes temáticas	Área (%)	Área (%)	Área (%)	Área (%)
Água	1,34	12,23	12,18	12,83
Agricultura	69,77	46,86	44,09	46,52
Urbanizada	0,41	0,47	1,43	6,39
Vegetação	28,48	40,44	42,30	34,25
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0

Fonte: Dados obtidos a partir da elaboração dos mapas.

Assim, é possível perceber que em 2017 (Figura 1D) há uma demarcação de área urbana mais expressiva, compreendendo 6,39% da área total do distrito (Tabela 1), ilustrada por uma área central preenchida predominantemente por lotes urbanos em torno da principal via de circulação, a TO-080, expandindo-se para o interior do local. É possível observar que grande parte da área total do distrito ainda permanece com muita vegetação, porém mais desmatada quando comparada a 2010 (Tabela 1).

Nesse contexto, uma problemática observada, possivelmente decorrente da especulação imobiliária que produziu loteamentos em grande quantidade, foi o surgimento de vazios urbanos, caracterizados por terrenos vagos encontrados na cidade, que devem ser considerados como referência da existência do fenômeno. Bazolli (2009) afirma que a somatória dos terrenos vagos resulta na quantificação dos espaços vazios, sendo esses uma modalidade de uso do solo, elementos quantificáveis e comensuráveis da principal via de circulação, a TO-080, expandindo-se para o interior do local. O vazio urbano é identificado como terreno, lote e gleba sem construção (Figuras 1A; 1B). Mas o destaque dado a esse item não se restringe aos aspectos quantitativos apenas, pois sua amplitude e complexidade estão inseridas na dinâmica da produção e da reprodução dos espaços na cidade (BAZOLLI, 2009).

Seguindo esse viés, Teixeira et al. (2013) verificaram que quadras menos habitadas e com maior quantidade de lotes desocupados por efeito de especulação imobiliária apresentam maior número desses pontos, pois “pode-se deduzir que os moradores vêm nesses vazios locais propícios para o descarte de materiais indesejados, de natureza variada”. Por sua vez, isso favorece o acúmulo de água e de matéria orgânica em decomposição, levando à proliferação

de doenças causadas por vetores, como a dengue e a leishmaniose visceral (calazar), ambas recorrentes na região (SILVA, 2015). Desse modo, a conjunção de fatores variados – vazios urbanos por especulação imobiliária, maus hábitos da população e omissão do poder público em fiscalizar a manutenção e a limpeza de terrenos desocupados – faz com que os resultados em termos ambientais e de qualidade de vida sejam desanimadores.

Em Luzimangues, Pinto (2012) ressalta que a tomada de território até então rural para um novo espaço urbano, cujo objetivo principal era a exploração pelo capital particular do mercado de terras, foi possível através da construção de mecanismos institucionais da política urbana de Porto Nacional (Leis do Plano Diretor, Macrozoneamento e Parcelamento do Solo), considerando Luzimangues, na prática, como uma “nova” cidade. Para ele, o projeto de macrozoneamento do distrito, elaborado em 2006, e posteriormente o de macroparcelamento, em 2008, vislumbraram as capacidades da região para o desenvolvimento industrial, decorrentes da construção da Ferrovia Norte-Sul (FNS) e do seu pátio multimodal, além dos interesses do setor imobiliário. Essas ações fomentaram ainda parcerias entre diferentes entidades municipais e estatais cujo objetivo era preparar Porto Nacional para ser um polo, em função da própria bacia do Rio Tocantins e da distribuição do processo produtivo. Afirma ainda que Luzimangues possui uma escala urbana que rivaliza com a capital Palmas, porém o macroplanejamento para a localidade é pouco conhecido.

Em âmbito legislativo, a aprovação das leis nº 1.725 e 1.782 de 2002 permitiram a efetiva análise e aprovação das atividades de ocupação do solo urbano às margens do lago e a definição da área de expansão do distrito. Porém, apesar das diretrizes, o distrito experimentou um modelo de expansão sem planejamento adequado inicial, que pode se enquadrar na fala de Maricato (2008), que chama atenção ao *laissez faire* (deixai fazer) da política que predomina na prática da falta de planejamento e de gestão nas cidades brasileiras.

1.3 Análise fisiogeográfica

A implantação e a operação de reservatórios de usinas hidrelétricas implicam alterações ambientais irreversíveis que devem ser previstas e planejadas a fim de minimizar os impactos negativos sobre o meio. Arelado ao enchimento do reservatório está o processo de expansão urbana que provoca alterações no solo. Em Luzimangues, o latossolo é o solo predominante, caracterizando-se pela intemperização intensa (EMBRAPA, 2006). O distrito está localizado na bacia sedimentar do Parnaíba, na unidade geomorfológica depressão média do Tocantins. Nessa conjuntura, foram feitas análises físicas do solo de Luzimangues para verificar as transformações provocadas pela construção do reservatório e pelo rápido processo de urbanização. Foram descritos e avaliados 11 pontos devidamente identificados a partir das coordenadas geográficas. Para tanto, foram feitas descrições geológicas, geomorfológicas, da cobertura vegetal, dos solos, eventos erosivos e acumulativos e usos da terra. Amostras de solos e rochas (preservadas e identificadas) foram coletadas para estudos mais aprofundados, assim como a construção de mostruários.

Perceberam-se diferenças nas duas zonas de contato entre a água do lago e o solo. A primeira zona observada (10°10'50"S 48°26'15"W), localizada ao norte da TO-050, trata-se de superfície arenosa com fragmentos finos ferruginosos e quartzíferos, com presença de conchas de moluscos. Nesse ponto foi coletado fragmento de rocha composta de concreções de ferro compactadas. Localizada ao sul, a segunda zona de contato entre a água do reservatório e o solo (10°10'23"S 48°26'9"W) apresenta barrancos na margem do reservatório com

aproximadamente 1m de altura, o que indica a ocorrência de processo erosivo. Verificaram-se, ainda, nessa área, blocos no pé do barranco, de materiais ferruginosos compactados e a presença de conchas na margem abaixo do barranco, não percebidas na parte superior.

Lima et al. (2017) destacam que o solapamento das encostas no contato com a lâmina d'água pode gerar rupturas de taludes, as quais tendem a desencadear processos erosivos e que, no caso dos reservatórios, o solapamento está ligado principalmente ao impacto das ondas geradas por efeito de vento e movimento de embarcações no maciço.

Verificou-se que a região localizada mais a oeste (10°11'09" S 48°28'33"W), de onde é possível observar o reservatório, caracteriza-se como uma planície em processo de urbanização. Trata-se de terreno com relevo ondulado, provavelmente construído por material erosivo das partes mais altas do relevo e acumulativo das partes mais baixas. Da mesma forma, em outras áreas (10°19'19" S 48°46'12"W), percebeu-se uma inclinação significativa do relevo, com solo superficial granuloso, não compactado, com fragmentos segmentados. Observou-se concreção de hidróxido de ferro em várias rochas diferenciadas.

No local foram encontradas rochas com diversos furos em virtude do processo de erosão e intemperismo. A deflagração ou mesmo a aceleração dos processos erosivos podem ocorrer em áreas marginais, nas quais se retirou material para construção ou mesmo onde foram alterados ou intensificados o uso e a ocupação (LUIZ et al., 2017). Verificou-se a presença de um canal antrópico de desagüamento de aproximadamente 3m de profundidade. Em outras áreas, a ação antrópica foi evidenciada através da presença de canais formados para desvio do curso d'água. Nesse sentido, a análise corrobora com o que afirmam Lima et al. (2017); a presença do ser humano no meio está quase sempre associada a atividades e/ou obras que modificam o sistema de drenagem de água do local e em seu entorno. Seja por meio da agricultura ou da expansão urbana, em geral, as atividades humanas tendem a diminuir a infiltração de água e a aumentar o escoamento superficial na região, contribuindo para surgimento e evolução dos processos erosivos.

O processo erosivo geralmente se inicia em forma de erosão laminar e, em face da concentração do fluxo, evolui para os sulcos. Ao se aprofundarem e concentrarem ainda mais o fluxo, os sulcos atingem o estágio de ravina e finalmente de voçoroca (LIMA et al., 2017). Além dos canais antrópicos, foram observados no distrito canais de escoamento, oriundos de processos erosivos e córregos secos (10°19'23" S 48°46'12"W) com areia composta de quartzo para construção, além de córregos cheios (10°20'96" S 48°45'25"W). Verificou-se terreno com relevo suavemente ondulado (10°11'46" S 48°28'05"W), onde foi constatada a presença de ravina e sulco em brejo seco (10°11'53" S 48°28'01"W).

Em Luzimangues, são evidentes os processos erosivos decorrentes do enchimento do reservatório, tanto pela ação direta deste nas encostas quanto pelo processo de expansão urbana. A remoção de cobertura vegetal, a abertura de novos loteamentos e vias que fazem parte do processo de expansão urbana provocam alterações no solo que, se não conduzidas devidamente observando-se as características do ambiente através de estudos aprofundados, podem causar danos irreversíveis na estrutura do solo. Ao estudarem os processos erosivos em áreas utilizadas para a construção de reservatório, Lima et al. (2017) concluíram que tratar um processo erosivo na fase de ravina de pequeno porte ou sulco é geralmente mais rápido e de menor custo. Já com a erosão no estágio de voçoroca, eliminar ou mesmo mitigar o problema é altamente custoso, complexo e muitas vezes inviável, além do enorme prejuízo gerado com o assoreamento reduzindo os volumes de água armazenados nos reservatórios.

2. Transformações socioeconômicas

Com o objetivo de analisar a influência da formação do reservatório no processo de expansão urbana e avaliar as transformações sociais ocasionadas no distrito de Luzimangues em razão de sua proximidade com a capital, foram aplicadas entrevistas semiestruturadas aos moradores. O questionário possui 16 perguntas elaboradas com base em modelo já consolidado pelo IBGE. A atividade abrangeu 30 loteamentos nos quais foram aplicadas 102 entrevistas. Os dados foram reunidos e analisados através de gráficos ilustrativos da realidade apurada. Relação: tipo de imóvel, tempo e motivação.

De acordo com a pesquisa, Luzimangues experimentou grande crescimento populacional nos últimos cinco anos, haja vista que 75% dos entrevistados residem há pouco tempo no distrito (ente 0 e 5 anos). A maior parte dos entrevistados, cerca de 33,7%, foi atraída pelo preço dos lotes, embora a qualidade de vida e a proximidade com a capital também tenham sido apontados como fatores relevantes para a decisão de morar em Luzimangues.

A associação da maioria das respostas a esses três itens das entrevistas coincide com o período de maior venda e propaganda dos loteamentos localizados no distrito. Um fator que explica esse crescimento foi a maior facilidade na aquisição de lotes, para uso imediato ou investimento, favorecendo assim a predominância de domicílios próprios (PINTO, 2012). Reforçando esse argumento, Rodrigues e Bessa (2017) informam que houve crescente investimento de recursos liberados para a habitação a partir de 2003, com pico de investimento de 506,7 milhões de reais em 2013 em Palmas. Ainda segundo as autoras, a ampliação na concessão desencadeou um processo especulativo em torno da maior procura de terrenos em Palmas, que passaram a ser comercializados em valores mais altos.

É possível que esse processo ocorrido em Palmas, que aumentou o preço dos lotes e imóveis, tenha gerado maior procura por lotes em Luzimangues. Essa procura poderia ser explicada, em parte, pelos fatores de localização, pelos valores menores em comparação com a capital e pela facilidade de pagamento, com oferta de lotes para moradia ou para investimentos (PINTO, 2012).

Muitos desses compradores mantiveram suas atividades laborais na capital, tendo em vista a proximidade e o fácil acesso, que pode ser observado analisando-se o local de trabalho dos moradores entrevistados. Apesar de a maioria entrevistada (50,7%) afirmar que realiza suas atividades laborais no próprio distrito, uma parcela considerável (42,5%) trabalha em Palmas.

Esses dados revelam, portanto, que o principal atrativo para a grande procura de lotes no distrito foi o baixo custo e a oportunidade de investimento e não necessariamente a proximidade com o lago, embora essa fosse uma das principais propagandas dos vendedores de loteamentos (PINTO, 2012).

2.1 Qualificação do domicílio

Para caracterizar o tipo de domicílio do distrito foram considerados três fatores relativos à infraestrutura básica: o tipo de material usado na construção, o abastecimento de água e o fornecimento de energia. A pesquisa revela que praticamente a totalidade das casas é de alvenaria (99%), valor próximo ao encontrado para Porto Nacional, 97,29% (IBGE, 2010). Destacando-se que as casas foram construídas pelos proprietários, pois no distrito não foram observadas casas construídas com recursos de programas sociais.

Observa-se que 73% das moradias utiliza água via rede de distribuição, enquanto 27% são abastecidas por poços artesianos. Todavia, de acordo com a empresa que administra a distribuição de água, BRK, atualmente são atendidos apenas 1.774 domicílios, mas considerando-se o total de 22.323 lotes registrados só no período de 1995 a 2006 (PINTO, 2012), apenas 7,96% dos lotes registrados são atendidos por rede de distribuição oficial. Quanto ao número de lotes atendidos por poços artesianos, não foi possível confirmar.

Conforme apontado anteriormente, de acordo com o EIA/RIMA, antes do enchimento do reservatório, o abastecimento de água dos domicílios era proveniente de poços, dos quais 81% não recebia qualquer tipo de tratamento, portanto, após 15 anos, a realidade não é muito diferente. Nesse sentido, percebe-se a necessidade de estudos específicos quanto ao impacto ambiental relativo ao número de poços perfurados frente à crescente demanda por água.

2.2 Saneamento

Quanto ao saneamento, verificou-se que 85% dos domicílios utilizam fossa séptica como forma de disposição do esgoto doméstico. Informação relevante, considerando o grande número de domicílios abastecidos com água de poços artesianos. Segundo Srujak e Vidal (2007), o lançamento in natura de esgotos domésticos, águas residuárias de criatórios de animais e de agroindústrias são as principais fontes de poluição de lagos, canais, rios e mares. Para Nascimento Filho e Castro (2005), é necessário rever a adoção da fossa séptica como tratamento único dos esgotos domésticos, bem como alertar para o risco de contaminação dos mananciais subterrâneos de água para abastecimento humano decorrentes do mau uso de fossas.

Nesse sentido, destaca-se que o uso elevado desse método de disposição do esgoto doméstico pode colocar em risco a saúde da população, tendo em vista a possibilidade de contaminação da água através da introdução de agentes infecciosos que podem acarretar doenças em humanos e animais. Ampliando essa avaliação, os estudos de Pinto (2012) indicam que no período de 1995 a 2006 foram instalados 31 loteamentos no distrito com um total de 22.323 lotes. Utilizando a mesma metodologia do PDDS, o autor estimou que o distrito teria uma população superior a 78.000 habitantes. A partir dessa hipótese, avalia-se que, se todos os lotes fossem ocupados, considerando-se o tempo que os loteamentos foram instalados sem uma ampla rede de escoamento e tratamento dos esgotos, o nível de contaminação do lençol freático seria altíssimo.

De acordo com o art. 2º, § 6º, IV da Lei 6.766/1979 (BRASIL, 1979), a infraestrutura básica dos parcelamentos situados nas zonas habitacionais consistirá, no mínimo, de: I- vias de circulação; II- escoamento das águas pluviais; III- rede para o abastecimento de água potável; IV -soluções para o esgotamento sanitário e para a energia elétrica domiciliar (Incluído pela Lei nº 9.785, de 1999). Apesar de ter sido instalada uma estação de tratamento de esgoto (ETE) que trata 3,5 litros de esgoto por segundo (TOCANTINS, 2017), persiste o impasse entre os proprietários dos loteamentos e o poder público, que exige daqueles a responsabilidade de implantação e interligação tanto da rede de água quanto de esgoto à rede principal de responsabilidade da BRK Ambiental, empresa privada responsável pelo saneamento do estado.

Nessa perspectiva, percebe-se que a falta de um correto planejamento urbano de áreas atingidas pela construção de reservatório de água pode acarretar diversos problemas, inclusive de saúde pública. Sousa (2015) destaca que, “no Estado do Tocantins, em geral não há obrigatoriedade para a construção de redes de esgotos em loteamentos urbanos, devido

à ausência de sistemas de coleta e tratamento na maior parte das cidades”. O autor também destaca que:

[...] os vazios urbanos conduzem a uma expansão horizontal exagerada da cidade, implicando elevação dos custos para a instalação posterior de infraestrutura (manutenção do pavimento de vias públicas, implantação de redes de drenagem pluvial e redes de esgotos etc.) e para a prestação de serviços públicos (coleta de lixo, transporte coletivo, policiamento etc.).

Quanto ao descarte do lixo, 87% dos entrevistados afirmaram que o serviço de coleta da prefeitura faz o recolhimento no domicílio ou em containers onde são depositados. Nas observações realizadas em campo, percebeu-se que alguns containers estavam com a capacidade de armazenamento acima do seu limite, indicando demora do poder público no recolhimento. Souza (2015) adverte que é comum a existência de pontos de descarte irregular de resíduos em vazios urbanos, como lixo, descartes domésticos e comerciais, entulhos e animais mortos, o que contrasta, em parte, com o observado nas entrevistas.

Diante do que foi relatado pelos entrevistados, percebe-se que ainda há falhas no sistema de coleta, pois nem todos os domicílios são atendidos, o que força os moradores a se deslocarem até o ponto de coleta. Vale ressaltar que em lugares que abrigam depósitos de lixo, lixões ou aterros não regulares, o risco de contaminação do lençol freático é ainda maior, pois o chorume formado pela acumulação de lixo adentra ao solo e atinge com facilidade as águas subterrâneas, poluindo gradativamente os recursos hídricos disponíveis no subsolo.

2.3 Influência do reservatório

Com relação aos fatores que mais contribuíram para o desenvolvimento do distrito, a percepção da população é de que a proximidade com a capital é mais relevante do que outros fatores indicados, como a plataforma multimodal e o preço dos lotes. Esse dado diverge das respostas dadas em outra questão, na qual os entrevistados indicam que o fator preço dos lotes foi considerado determinante para a mudança para o distrito. Em discussão anterior, apontamos que o preço dos lotes foi um grande atrativo devido a outros fatores, como o alto preço dos lotes em Palmas e devido à localização próxima do distrito à capital.

A inexistência de atividades relacionadas ao uso da água do reservatório para fins econômicos, como pesca e irrigação de lavouras ou uma avenida litorânea com desenvolvimento de atividade turística, comercial e/ou de lazer, interfere ou influencia diretamente na percepção da população sobre a importância do lago para o desenvolvimento e transformações nos cenários do distrito de Luzimangues.

2.4 Fonte de renda

No que se diz respeito ao fator trabalho e renda, Souza (2014) informa que o rendimento mensal da população do distrito de Luzimangues em sua maioria encontra-se entre um e dois salários mínimos, correspondendo a cerca de 80%; assim, 20% possui renda de até cinco salários mínimos. Delimitando a situação atual tendo em vista a fonte de renda, vê-se que a maior parte dos entrevistados, 76%, apresenta alguma fonte de renda, enquadrados nas categorias empregados, autônomos e ou aposentados.

Considerando as entrevistas, destaca-se o índice de 18% de desempregados no distrito, que de maneira comparativa supera em pontos percentuais a média nacional,

atualmente de 13,70%, a qual é a maior taxa de desemprego desde o início do levantamento do IBGE, em 2012.

Souza (2014) infere ainda que a questão do trabalho informal é um dos problemas que as estratégias de desenvolvimento não têm conseguido superar para o maior crescimento do distrito. Logo, segundo a autora, observa-se que as ocupações de doméstico (36%), pedreiro (28%) e agricultor (27%) ocupam os lugares de impacto na ocupação informal do distrito.

Outro ponto de destaque é a localidade do trabalho. Conforme a pesquisa realizada, 51% dos entrevistados moram em Luzimangues e trabalham em Palmas, o que pode indicar que Luzimangues possui características de “cidade dormitório”.

2.5 Área de trabalho

Parte dos entrevistados são autônomos, representados por 34% da amostra; ou trabalham no comércio, 18% da amostra; seguidos pelos 16% que são servidores públicos e 11% que trabalham na educação. 21% da amostra representa os trabalhadores da indústria, produtores rurais, domésticas, estudantes, entre outros. A avaliação quanto ao tipo de atividade profissional dos moradores indica forte atividade de comércio e serviços, seguida do serviço público.

O baixo índice de pessoas ligadas à educação revela um problema típico dessa região: a baixa oferta de escolas e ausência de faculdades. Devem-se destacar também os baixos índices de trabalhadores na agricultura (3%) e indústria (3%). A análise desses dados pode indicar que a maioria dos lotes foi adquirida para investimento e não para moradia. A maior parte das pessoas que reside nos loteamentos não está ligada à atividade do campo.

Entre os entrevistados a principal fonte de sobrevivência das famílias é o serviço público, 46% dos entrevistados são servidores públicos. Outra parcela sobrevive da produção agrícola, 26%. Os outros 28% da mostra têm como fonte de renda o trabalho no comércio (8%), aposentadoria (11%) e diaristas (6%). E parte desses entrevistados não possui trabalho ou renda fixa, o que entre os entrevistados corresponde ao total de 3% de desempregados.

Para concluir, considerando a análise acerca dos efeitos provocados pela instalação de uma usina hidrelétrica, o presente estudo apontou transformações em âmbitos diversos, advindas da instalação da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães, tendo sido o distrito de Luzimangues parte dessa conjuntura de mudanças. Nesse contexto, verificou-se que os estudos de impacto e aproveitamento energético do Tocantins aconteceram preliminarmente a partir de 1964 e em 1976 foram concluídos os primeiros inventários completos. Conclui-se que o conhecimento prévio dessas informações teve papel determinante para a tomada de decisões da governança estadual, que interferiu direta e indiretamente na implantação, no crescimento e na expansão de Palmas e seu entorno, incluindo o distrito de Luzimangues.

A inexistência de atividades relacionadas ao uso da água do reservatório para fins econômicos, como pesca e irrigação de lavouras ou uma avenida litorânea com desenvolvimento de atividade turística, comercial e/ou de lazer, interfere ou influencia diretamente na percepção da população sobre a importância do lago para o desenvolvimento e transformações nos cenários do distrito de Luzimangues.

No que tange ao uso e ocupação do solo, o distrito experimenta crescimento territorial urbano a partir de operacionalização da expansão urbana, atingindo 6,39% da sua área total em 2017. Essa expansão foi fomentada, dentre outros fatores, pela especulação imobiliária, o que ocasionou problemas, como o surgimento de vazios urbanos. Também os maus hábitos

da população quanto ao descarte de materiais indesejados e a omissão do poder público em fiscalizar a manutenção e a limpeza de terrenos desocupados fazem com que os resultados em termos ambientais e de qualidade de vida sejam desanimadores. Luzimangues, apesar dos seus instrumentos legais para organização do espaço urbano, experimentou um modelo de expansão sem planejamento adequado inicial, enquadrando-se ao *laissez faire* (deixai fazer) da política que predomina na prática da falta de planejamento e de gestão nas cidades no Brasil.

A ação da água do reservatório no solo do distrito é percebida nos processos erosivos que ocorrem na borda. As alterações no solo vinculadas ao processo de expansão urbana podem estar relacionadas indiretamente ao enchimento do reservatório, visto que a nova dinâmica da água pós-enchimento foi utilizada como atrativo de venda dos novos loteamentos implantados. Estudos aprofundados sobre o ambiente são imprescindíveis para a minimização dos impactos causados por grandes empreendimentos, como reservatórios de água.

As pesquisas de campo revelaram: 1) fatores determinantes para as pessoas se mudarem para Luzimangues; 2) Características socioeconômicas dos moradores; 3) A maneira como a população percebe a importância do reservatório para o desenvolvimento da região; 4) O tipo de usos do reservatório pela população.

Verificou-se que a inexistência de atividades relacionadas ao uso da água do reservatório para fins econômicos, como pesca e irrigação de lavouras, exploração de atividades turísticas, comerciais e/ou de lazer, influencia diretamente na percepção da população sobre a importância do lago para o desenvolvimento e transformações nos cenários do distrito de Luzimangues.

Referências

ARAÚJO, Rubens Milagre. **Uma retrospectiva da expansão do sistema elétrico na bacia do rio Tocantins, com estudo de caso na região de Lajeado** – Palmas – Porto Nacional (TO), 1996-2003. Dissertação: FEM/Unicamp 2003.

BAZOLLI, J. A. **Os efeitos dos vazios urbanos no custo de urbanização da cidade de Palmas**. Estudos Geográficos, v. 7, n.1, p. 103-23, 2009.

BRASIL, **Lei 6.766**. Presidência da República, 1979. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6766compilado.htm> Acesso em: 23 de nov 2017.

BRASIL. **Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel)**, 2017. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/documentos/uhe/1304.pdf>>

BRASIL. Atlas Brasil: **Abastecimento urbano de água: panorama nacional** / Agência Nacional de Águas. vol. 1, Engecorps/Cobrape - Brasília: ANA: Engecorps/Cobrape, 2010.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030** / Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME: EPE, 2007. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PNE/20080512_3.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. **Plano Estratégico de Recursos Hídricos da bacia do Tocantins/Araguaia**, 2006. Disponível em:

<http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao02032011035943.pdf> Acesso em: 15 nov. 2017.

COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS - CELTINS. Usina Hidrelétrica Lajeado - Estudo de Impacto Ambiental - EIA: Caracterização do empreendimento. v.1. 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FEARNSIDE, P. M. **Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras**. Manaus: Editora do INPA, 2015.

IBGE. **Censo Demográfico**. 2010. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3497#resultado>> Acesso em 25 nov. 2017.

JACOBI, P. R.; GRANDISOLI, E. Água e sustentabilidade: desafios, perspectivas e soluções. São Paulo: IEE-USP e Reconnecta, 2017.

JAPIASSÚ, L. A. T.; LINS, R. D. B. **As diferentes formas de expansão urbana**. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades. v. 02, n. 13, p. 15-25, 2014.

LIMA, M. C. et al. **Sulcos, ravinas e voçorocas**. In: SALES, M. M. et al. Erosão em borda de reservatório. Goiânia: Gráfica UFG, 2017. p. 65-90

LIRA, E. O. **A construção da UHE de Lajeado e os impactos sócio-territoriais no espaço urbano de Porto Nacional – TO** (Dissertação de Mestrado). Palmas: UFT, 2010.

LUIZ, G. C.; GITIRANA JUNIOR, G. F. N.; ROMÃO, P. A.; ALMEIDA, J. G. R. **Interação solo-atmosfera e a sua relação com erosão em bordas de reservatório**. In: SALES, M. M. et al.

Erosão em borda de reservatório. Goiânia: Gráfica UFG, 2017. p. 127-151

MARICATO, E. **Brasil, cidades: alternativas para a crise urbana**. 3ª Edição, Petrópolis: Editora Vozes, 2008.

MAURIZ, T. V. M. **Análise do inventário hidroelétrico da Bacia do Rio do Sono - TO, subsidio para a identificação de variáveis sócioambientais aplicadas na construção de um modelo de inventário hidroelétrico dinâmico**. Brasília, 2008. Universidade Católica de Brasília. Dissertação de Mestrado.

NASCIMENTO FILHO, D. G.; CASTRO, D. A. **Influência das fossas sépticas na contaminação do manancial subterrâneo por nitratos e os riscos para os que optam pelo autoabastecimento como alternativa dos sistemas públicos de distribuição de água**. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-376.pdf>. Acesso em: 23.11.2017.

NETO, J. Q. M; HERRERA, J. A. **Altamira-PA: novos papéis de centralidade e reestruturação urbana a partir da instalação da UHE Belo Monte Altamira – PA.** Confins – Revista franco-brasileira de Geografia, nº 28, 2016. Disponível em: <<https://confins.revues.org/11284>> Acesso em: 27 out. 2017.

PINTO, L. M. C. **Luzimangues: processos sociais e política urbana na gênese de uma “nova cidade”.** 2012. 188f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2012. Porto Nacional.

SILVA, M. R. Entrevista nº 4. Palmas, 2012. Entrevista concedida ao autor em 21 de abril de 2012. Gravação digital (25 min), transcrita na íntegra.

SÊNE, Aline Gonçalves. **Comunicação Popular: um estudo das mediações no reassentamento de Luzimangues.** Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Comunicação Social / Jornalismo. Palmas: Universidade Federal do Tocantins, 2007.

SILVA JR, José Maria. **Reassentamentos rurais da Usina Hidrelétrica Luís Eduardo Magalhães – Tocantins: a efetividade do programa de remanejamento populacional quanto à sua sustentabilidade socioambiental.** Palmas (TO), 2005. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Meio Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins.

TELES, A. F. et al. **Gestão Ambiental e Cidade: quando o discurso e a prática não dialogam.** Interface, Ed. 6, 2013.

TOCANTINS. **Agência de Regulação fiscaliza abastecimento de água e esgoto em Porto Nacional,** 2017. Disponível em: <<http://atr.to.gov.br/noticia/2017/3/21/agencia-de-regulacao-fiscaliza-abastecimento-de-agua-e-esgoto-em-porto-nacional>> Acesso em: 14 nov. 2017.

VEIGA, J. E. **Cidades imaginárias: o Brasil é menos urbano do que se calcula.** Campinas: Autores Associados, 2002.



SANEAMENTO BÁSICO NA AMAZÔNIA LEGAL: UMA ANÁLISE A PARTIR DE INDICADORES SANITÁRIOS E SOCIOECONÔMICOS

Héber Rogério Grácio

Fábia dos Santos Mello

Daniella Costa Faria Nepomuceno

Heleno Manduca Ayres Leal

Tharles Lopes Oliveira Guedes

Ricardo Tenaxi Javaé

Marcio Galdino dos Santos

Fatos referentes ao saneamento básico no Brasil são preocupantes e indicam a necessidade de maior atenção e investimentos financeiros, pois, do ponto de vista do abastecimento humano, além da quantidade, é fundamental a qualidade da água fornecida para diversas atividades humanas. Entretanto, alguns setores se destacam em termos de consumo, como a agricultura, que responde por 70% da água consumida globalmente; a indústria, que corresponde a 22%; e o consumo doméstico, responsável por 8% (CAPAZ & HORTA, 2014).

Dados publicados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (BRASIL, 2017) revelam que no Brasil o acesso aos serviços de saneamento básico ainda é um enorme desafio a ser enfrentado e cerca de 34 milhões de brasileiros não possuem acesso à água potável e mais de 100 milhões de pessoas - quase metade da população - não tem acesso à coleta de esgoto e somente 42% desses esgotos produzidos são tratados.

Para a região Norte do Brasil, as informações são ainda piores, pois apenas 16,42% do esgoto é tratado, e o índice de atendimento total somando água e esgoto é de 8,66%, a pior situação entre todas as regiões brasileiras (BRASIL, 2017).

A região Norte está inserida na Amazônia Legal e foi a partir da Lei nº 1.806, de 06 de janeiro de 1953, que dispõe sobre o plano de valorização econômica da Amazônia, que passou a ser chamada de Amazônia Legal, fruto de um conceito político e não de um imperativo geográfico criado pela necessidade do governo de planejar e promover o desenvolvimento econômico e social da região que, com o passar dos anos, teve seus limites ainda mais estendidos (SUDAM, 2017).

De acordo com a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, ficou estabelecido que a Amazônia Legal corresponde aos estados do Acre, Pará, Amazonas, Roraima, Rondônia, Amapá e Mato Grosso e as regiões situadas ao norte do paralelo 13° S, dos estados de Tocantins e Goiás, e ao oeste do meridiano de 44° W, do estado do Maranhão, compreendendo um total de 772 municípios em toda a região de estudo (BRASIL, 2012).

A qualidade da água na Amazônia Legal configura-se em um tema preocupante, pois alguns estados dessa região possuem políticas públicas de saneamento mais adiantadas do que outros, o que impacta no quadro social e da saúde das populações economicamente carentes, submetidas às condições sanitárias mais adversas nas cidades da região (VIANA, 2014).

Segundo o Índice de Progresso Social (IPS) da Amazônia Brasileira 2014, a realidade social dos estados que pertencem à Amazônia Legal é revelada se comparada à média nacional: 98,5% dos municípios amazônicos têm pontuação de IPS geral de 57,31%, ou seja, inferior à média nacional, de 67,7%, considerando uma variação da pontuação que vai de 0 a 100. Um dos componentes que provocam o forte declínio do IPS é o saneamento básico, que compreende serviços de água e esgoto, manejo de resíduos e de águas pluviais (IPS AMAZÔNIA, 2014).

Sendo assim, a aplicação de políticas públicas tem papel primordial para o progresso social, bem como o de proteger o meio ambiente, integrando sua proteção aos demais objetivos da vida em sociedade como forma, inclusive, de proporcionar qualidade de vida (SALHEB, 2017).

Para a proteção das águas contra diversas formas de poluição e de uso inadequado visando ao desenvolvimento da região, as políticas públicas devem ser utilizadas para promover a saúde e a proteção ambiental. Devem constituir-se em serviços essenciais de direito social do cidadão e dever do Estado através da execução de normas legais que pretendem planejar, regular, controlar e orientar a gestão das águas no Brasil de acordo com padrões e critérios definidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabelecida pela Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, bem como a Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para saneamento básico.

Apesar da avaliação positiva sobre a iniciativa do Estado em elaborar políticas públicas, sua intervenção sobre os problemas sociais e sanitários das comunidades envolvidas fica aquém do esperado, evidenciando que o debate sobre direitos e cidadania não é considerado prioritário e que ainda há um longo caminho a se percorrer para a efetivação das políticas públicas socioambientais (SALHEB, 2017).

Diante desse universo surgiu a proposta para esta pesquisa, que consiste em avaliar a associação entre saneamento (água e esgoto) e indicadores socioeconômicos nos estados pertencentes à Amazônia Legal.

Inicialmente, foi feita investigação para elaboração de diagnóstico relacionado ao abastecimento de água e esgotamento sanitário dos estados da Amazônia Legal; após foi realizada análise da situação socioeconômica da região em estudo; em seguida, foram relacionados os indicadores sanitários (água e esgoto) e socioeconômicos dos estados da Amazônia Legal.

Nesse contexto, este estudo visa a ampliar as discussões e a avaliar o saneamento básico (água e esgoto) na Amazônia Legal a partir de indicadores sanitários e socioeconômicos como IDH, PIB, PIB per capita além da estratificação salarial e da distribuição de renda da população.

3 Metodologia

3.1 Localização da área de estudo

Neste estudo, foram considerados os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins. O estado de Goiás não foi incluído devido a sua pequena contribuição territorial na Amazônia Legal, apenas 0,8%, enquanto os estados do Tocantins e Maranhão foram considerados em sua totalidade devido aos dados disponíveis.

3.2 Indicadores de saneamento: água e esgoto

Os indicadores avaliados neste estudo foram: quantidade de economias residenciais ativas de água e esgoto, população urbana atendida com abastecimento de água e esgotamento sanitário e índice de atendimento urbano de água e esgoto.

Esses indicadores tiveram como fonte de dados o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), nos anos 2000, 2010 e 2015.

3.2.1 Quantidade de economias residenciais ativas de água (AG013)

Esse indicador representa a quantidade de imóveis ou subdivisão de imóveis com razão social distinta e com instalações para o abastecimento de água que estavam em pleno funcionamento no último dia do ano de referência.

As economias residenciais ativas de água foram extraídas do SNIS e denominadas como indicador AG013.

3.2.2 População urbana atendida com abastecimento de água

Para obter a população urbana atendida com abastecimento de água nos anos de 2000, 2010 e 2015, o cálculo foi realizado a partir da quantidade de economias residenciais ativas de água do respectivo estado, multiplicada pela taxa média de habitantes por domicílio obtida no censo ou contagem de população do IBGE.

Para 2015, foi considerada a taxa média de habitantes por domicílio referente ao censo de 2010, que representa o último dado oficial disponível para o período analisado, conforme metodologia utilizada por Brasil (2012).

AG013 x taxa média de habitantes por domicílio

AG013: Quantidade de economias residenciais ativas de água.

3.2.3 Índice de atendimento urbano de água

Esse indicador mostra qual a porcentagem da população urbana do estado é atendida com abastecimento de água. A metodologia de cálculo é baseada no SNIS.

$$\frac{\text{Pop. urbana atendida com abastecimento de água} \times 100}{\text{Pop. urbana}}$$

A informação sobre população urbana foi extraída do IBGE nos anos 2000, 2010 e 2015.

3.2.4 Quantidade de economias residenciais ativas de esgoto (ES008)

Esse indicador representa a quantidade de imóveis ou subdivisão de imóveis com razão social distinta e com instalações para a coleta de esgoto que estavam em pleno funcionamento no último dia do ano de referência.

As economias residenciais ativas de esgoto foram extraídas do SNIS e denominadas como indicador ES008.

3.2.5 População urbana atendida com esgotamento sanitário

Para obter a população urbana atendida com esgotamento sanitário, o cálculo foi realizado a partir da quantidade de economias residenciais ativas de esgoto na zona urbana do respectivo estado, multiplicada pela taxa média de habitantes por domicílio obtida no censo ou contagem de população do IBGE.

ES008 x taxa média de habitantes por domicílio

ES008: Quantidade de economias residenciais ativas de esgoto.

3.2.6 Índice de atendimento urbano de esgoto

Esse indicador mostra qual a porcentagem da população urbana do estado tem seu esgoto coletado. A metodologia de cálculo é baseada no SNIS.

$$\frac{\text{Pop. urbana atendida com esgotamento sanitário} \times 100}{\text{Pop. urbana}}$$

A informação sobre população urbana foi extraída do IBGE nos anos de 2000, 2010 e 2015.

3.2.7 Investimentos realizados

Os dados referentes aos investimentos realizados em saneamento (água e esgoto) foram extraídos do SNIS para os anos 2010 e 2015, correspondendo ao montante efetivamente realizado no ano de referência.

4. Dados socioeconômicos

Os indicadores socioeconômicos utilizados neste estudo foram: IDH, população, PIB, PIB per capita e estratificação salarial e tiveram como fonte de dados o IBGE para os anos 2000, 2002 e 2010.

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é o resultado da análise de três diferentes parâmetros: indicadores de educação, longevidade e renda. As pontuações do IDH utilizadas neste estudo correspondem às faixas consideradas pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) sendo: IDH: 0,000 – 0,499 (muito baixo); 0,500 – 0,599 (baixo); 0,600 – 0,699 (médio); 0,700 – 0,799 (alto); e 0,800 – 1,00 (muito alto) (VIANA, 2014).

Os dados de estratificação salarial/distribuição de renda da população foram extraídos do SIDRA/IBGE para o ano 2015 e referem-se aos domicílios particulares permanentes urbanos e distribuição percentual por classes de rendimento mensal domiciliar per capita em

salários mínimos. Para essa análise, foram selecionadas quatro classes: i) rendimento mensal domiciliar per capita de até ½ salário mínimo; ii) rendimento mensal domiciliar per capita de mais de 1/2 a 1 salário mínimo; iii) rendimento mensal domiciliar per capita de mais de 1 a 2 salários mínimos; e iv) rendimento mensal domiciliar per capita de mais 2 salários mínimos.

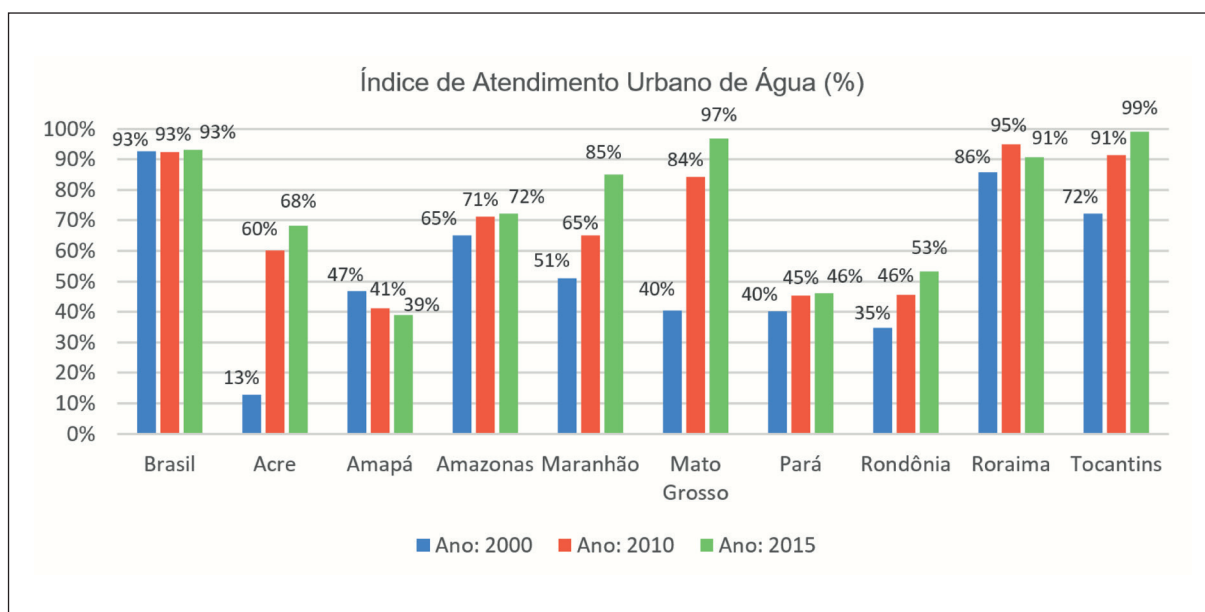
5. Resultados e discussões

5.1 Indicadores de saneamento: água e esgoto

5.1.1 Índice de atendimento urbano de água

O indicador médio de atendimento urbano de água dos nove estados avaliados aumentou de 50% para 67% entre 2000 a 2010 e de 67% para 72% entre 2010 a 2015. Apesar do índice de atendimento médio ter elevado em 22 pontos percentuais no período em estudo, a média dos estados analisados para o ano 2015 foi inferior à média nacional de 93,1% (BRASIL, 2017). Para o referido ano, apenas Mato Grosso e Tocantins apresentaram índices superiores à média nacional (Figura 1).

Figura 1. Índice de atendimento urbano de água dos anos 2000, 2010 e 2015.



Fonte: SNIS (2000, 2010, 2015)

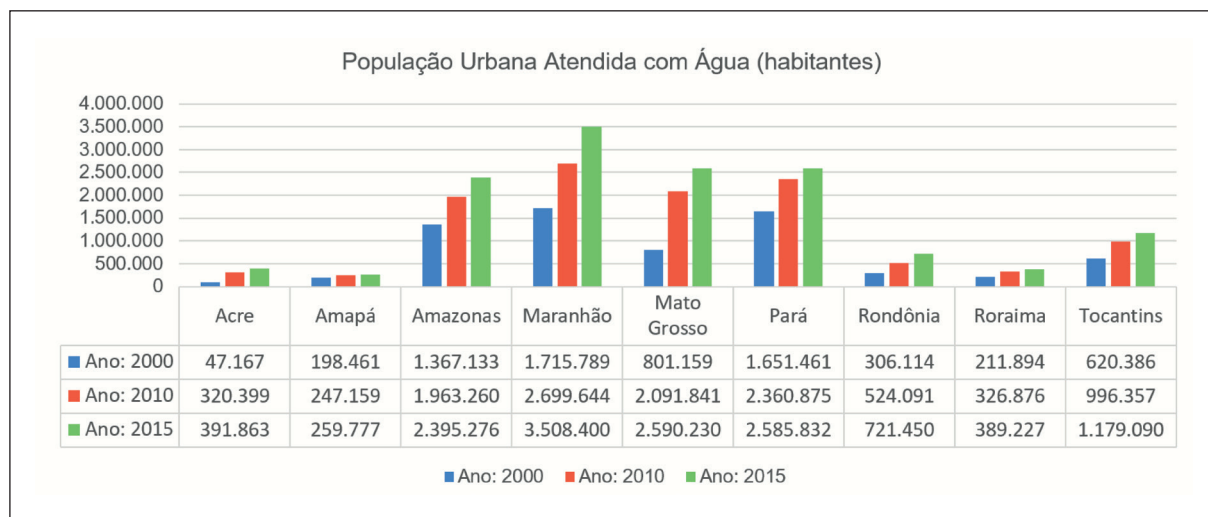
Conforme pode ser observado na Figura 1, Mato Grosso e Acre tiveram em termos percentuais maior incremento no índice de atendimento urbano de água entre os anos analisados. Entretanto, cabe ressaltar que o Acre possui a segunda menor população da região em estudo, ficando à frente apenas de Roraima.

No Amapá observa-se um declínio do índice de atendimento urbano de água em 2000, 2010 e 2015; essa queda pode ser reflexo do elevado crescimento populacional (63%) que

ocorreu no período em estudo, associado a baixos investimentos que não foram suficientes para melhoria e ampliação dos serviços de água nesse estado.

Maranhão e Mato Grosso destacam-se por possuírem o maior incremento de população urbana atendida no período estudado, com aumento de, respectivamente, 1.792.612 e de 1.789.071 habitantes atendidos com abastecimento de água entre 2000 a 2015 (Figura 2).

Figura 2. População urbana atendida com água nos anos 2000, 2010 e 2015.



Fonte: IBGE (2000,2010 e 2015)

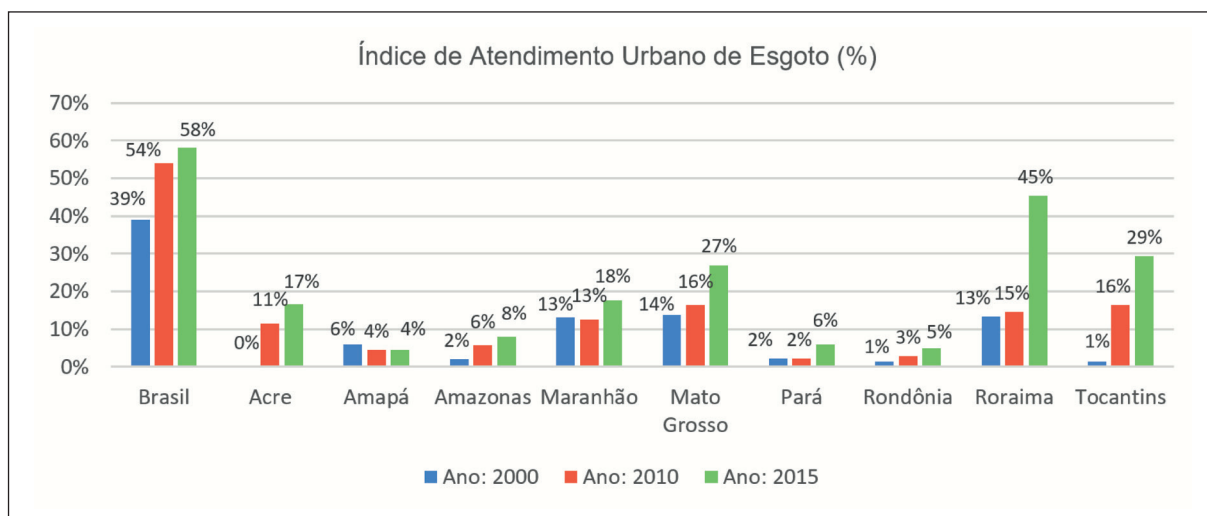
O Instituto Trata Brasil (2017) identificou entre os cem maiores municípios brasileiros em termos populacionais os que apresentavam os piores índices de abastecimento urbano de água em 2015; os três piores índices estavam na região em estudo: Macapá/AP (37%), Porto Velho/RO (37,30%) e Ananindeua/PA (28,90%).

5.1.2 Índice de atendimento urbano de esgoto

O índice médio de atendimento urbano de esgoto para a região em estudo era de 6% em 2000; elevou-se para 10% em 2010 e posteriormente para 18% em 2015; apesar do incremento, esse indicador esteve muito abaixo da média nacional para o ano 2015, de 58% (BRASIL, 2017). Nenhum dos estados avaliados apresentou em 2015 percentual superior à média nacional.

Ao passo que são observados avanços modestos em alguns estados, outros estão estagnados. Amapá, Amazonas, Pará e Rondônia estão fora da realidade observada na busca de equilíbrio pelo saneamento (Figura 3). Essa questão é impactante porque, além de não se buscar a universalização, há piora dos indicadores devido ao crescimento da população, como ocorreu no Amapá, que teve uma redução no índice de atendimento de 6% para 4% de 2000 a 2010, mantendo-se o percentual de 4% em 2015. Em contrapartida, o Tocantins apresentou o maior crescimento percentual (28%) no período analisado, o que corresponde a um aumento de 344.586 habitantes atendidos com coleta de esgoto.

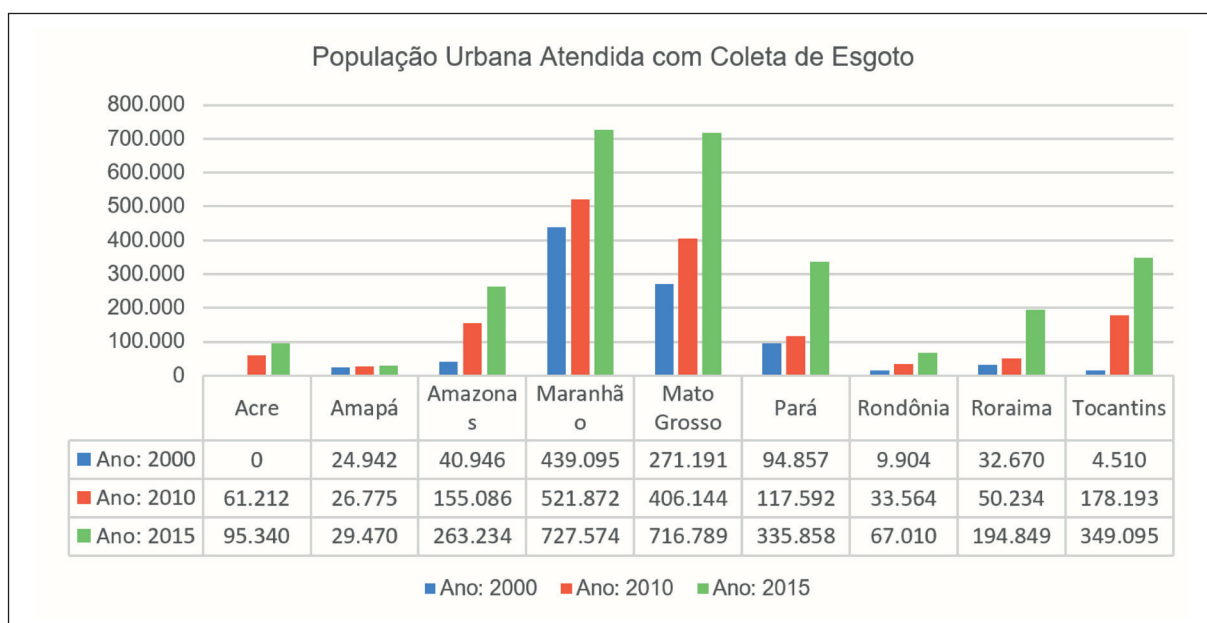
Figura 03. Índice de atendimento urbano de esgoto dos anos 2000 e 2010.



Fonte: IBGE e SNIS (2000 e 2010)

O Mato Grosso, apesar de não possuir o maior índice, foi o estado com maior incremento de população urbana atendida no período estudado, com aumento de 445.598 habitantes atendidos com coleta de esgoto entre 2000 e 2015 (Figura 4).

Figura 4. População urbana atendida com coleta de esgoto nos anos 2000, 2010 e 2015.



Fonte: SNIS (2000, 2010 e 2015)

5.1.3 Investimentos realizados em água e esgoto

Conforme pode ser observado no Quadro 1, os investimentos realizados no Brasil em abastecimento de água e esgotamento sanitário em 2010 e 2015 totalizaram, respectivamente, R\$ 8.924,00 bilhões e R\$ 11.175,70 bilhões; e que o maior percentual de investimento no período em estudo ocorreu na região Sudeste, com o estado de São Paulo apresentando a aplicação significativa de 34,44% em 2015 (BRASIL, 2017).

A participação nos investimentos dos nove estados avaliados neste estudo totalizou apenas 5,44% de todo investimento em saneamento (água e esgoto) realizado no Brasil em 2015.

De acordo com Brasil (2017), a aplicação dos recursos nem sempre corresponde às reais necessidades dos estados, visto que a região Norte apresentou entre 2010 a 2015 os maiores déficits de acesso aos serviços de água e esgoto e, mesmo assim, foi a região brasileira com menor participação nos investimentos. Em contrapartida, a região Sudeste teve a maior participação nos investimentos, mesmo sendo a terceira região do Brasil com maior índice de atendimento urbano de água (96,1%) e a primeira com maior índice de atendimento urbano de esgoto (81,9%) em 2015.

Quadro 1. Investimentos totais em água e esgoto.

Estado	2010		2015	
	Total (R\$ milhões)	%	Total (R\$ milhões)	%
São Paulo	3.092,20	34,7	4.193,50	34,44
Minas Gerais	886,3	9,9	1281,9	10,53
Bahia	681,6	7,6	582,9	4,79
Pernambuco	582,8	6,5	550,3	4,52
Rio Grande do Sul	545,2	6,1	419,1	3,44
Paraná	412	4,6	817,7	6,71
Goiás	373,1	4,2	416,3	3,42
Rio de Janeiro	360,7	4	574,4	12,93
Espírito Santo	315,2	3,5	212,7	1,75
Ceará	260,6	2,9	223,5	1,84
Santa Catarina	212,2	2,4	486,2	3,99
Piauí	204,7	2,3	33,5	0,27
Distrito Federal	161	1,8	129,7	1,07
Pará	148,1	1,7	77,4	0,64
Sergipe	123,4	1,4	137,1	1,13
Rio Grande do Norte	107,4	1,2	159,3	1,31
Roraima	105,4	1,2	38,7	0,32
Mato Grosso do Sul	87,3	1	158,6	1,3
Mato Grosso	72,9	0,82	175,5	1,44
Paraíba	53,1	0,6	56	0,46
Tocantins	48,2	0,54	207,5	1,7
Amazonas	32,6	0,37	26,8	0,22
Acre	21,3	0,24	15,5	0,13
Maranhão	14,5	0,16	109,3	0,9
Alagoas	10,9	0,12	81,2	0,67
Rondônia	7,2	0,08	8,5	0,07
Amapá	4,3	0,05	2,6	0,02
Total	8.924,00	100	11.175,70	100

Fonte: BRASIL, 2017.

Mato Grosso, Maranhão e Tocantins aumentaram sua participação nos investimentos de 2010 a 2015, o que pode justificar o fato de Mato Grosso e Maranhão terem apresentado neste estudo os maiores incrementos de população urbana atendida com abastecimento de água.

O Tocantins elevou sua participação nos investimentos de 0,54% para 1,70% de 2010 a 2015. Em decorrência dos investimentos realizados, esse estado apresentou o maior índice de atendimento urbano de água na região em estudo e o segundo maior percentual de atendimento urbano de esgoto. Segundo o Instituto Trata Brasil (2017), Palmas/TO foi o terceiro município brasileiro com o maior investimento médio anual por habitante (R\$ 185,01) em 2015.

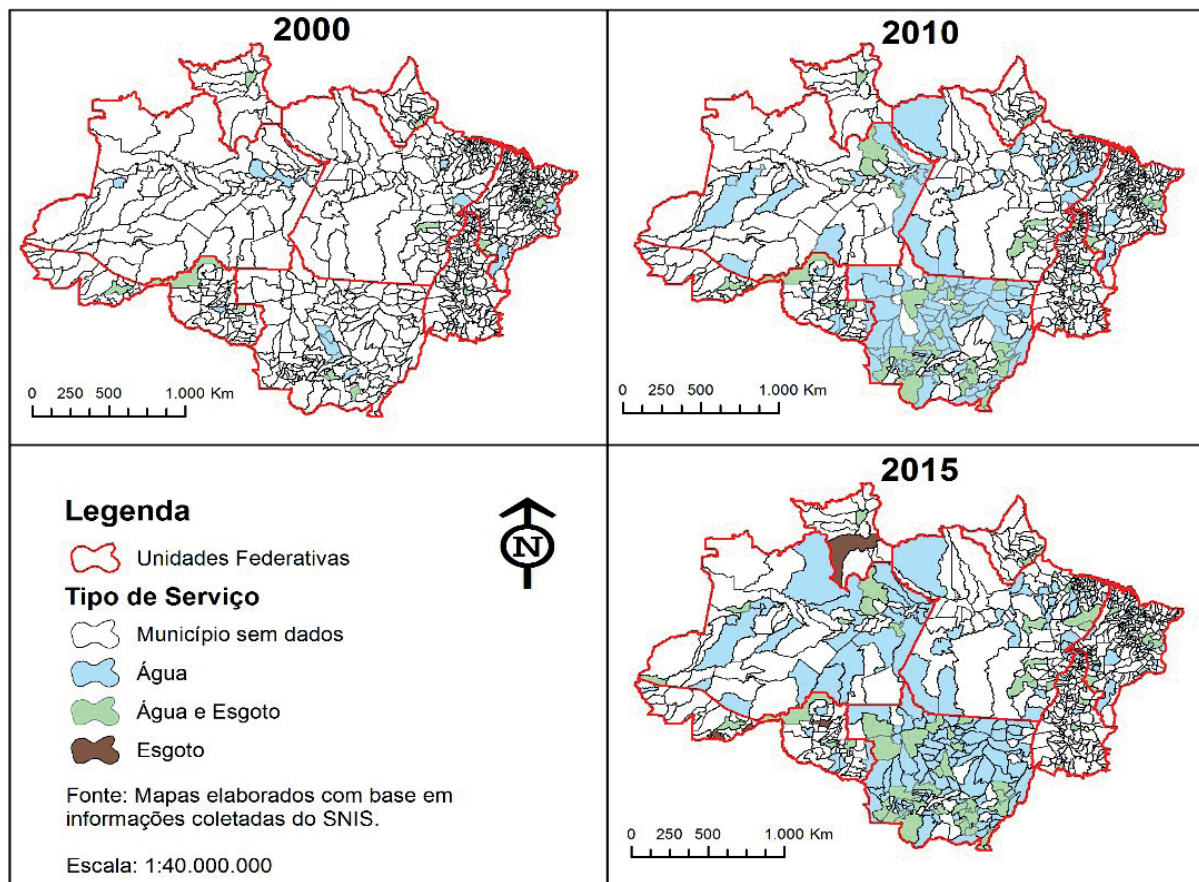
De acordo com Brasil (2017), o Amapá lidera o ranking dos menores investimentos, o que pode justificar o fato desse estado apresentar neste estudo uma estagnação e/ou declínio nos índices de abastecimento de água e esgotamento sanitário entre os anos analisados, como pode ser observado nos itens 5.1.1 e 5.1.2.

5.1.4. Evolução do atendimento de água e esgoto

Os dados apresentados neste estudo demonstram que, apesar dos avanços que ocorreram nos últimos anos em relação aos serviços de água e esgoto (Figura 05), a cobertura total dos domicílios na Amazônia Legal ainda está distante, principalmente quando se trata de esgotamento sanitário. Mesmo o acesso à água, cuja abrangência é maior, nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Pará, Rondônia e Roraima, por exemplo, o percentual foi inferior à média nacional (93,1%) para 2015. No caso do esgotamento sanitário, o quadro é muito mais crítico, pois o índice de cobertura para os nove estados avaliados foi inferior à média nacional (58%) para esse ano.

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2017), em relação ao atendimento total de esgoto em 2015, apenas sete capitais brasileiras tinham o índice superior a 80%. Algumas capitais da região Norte apresentaram os piores índices, como é o caso de Belém/PA (12,80%), Manaus/AM (10,40%), Macapá/AP (5,44%) e Porto Velho/RO (3,71%). Para os indicadores de tratamento, os gargalos são ainda mais preocupantes. Somente três capitais brasileiras tratam mais de 80% do esgoto que é coletado, a exemplo de Curitiba/PR (91,26%), Salvador/BA (98,05%) e Brasília/DF (82,17%). Por outro lado, dezenove capitais tratam aproximadamente metade dos esgotos gerados. Porto Velho/RO, por exemplo, em 2015 não tratava nenhum esgoto gerado (0,00%) e Belém/PA apenas 1,46%. Ressalta-se que Palmas/TO não foi contemplada pelo Instituto Trata Brasil (2017), por ter em 2010 uma população menor do que a das cidades consideradas no estudo.

Figura 5. Evolução do atendimento de água e esgoto nos estados avaliados nos anos 2000, 2010 e 2015



Fonte: SNIS (2010 e 2015)

5.2 Indicadores socioeconômicos

5.2.1 IDH dos estados analisados

Os dados do IDH-2000 (Quadro 2) demonstraram que o Maranhão possuía o menor índice na área em estudo (0,476), o único estado da Amazônia Legal com IDH muito baixo (IDH < 0,500). Os demais estados, exceto o Mato Grosso, apresentaram IDH baixo (IDH entre 0,500 e 0,599). Oposto à condição do Maranhão estava o Mato Grosso com IDH de 0,601, o único com IDH-médio (entre 0,600 e 0,699). Os dados do IDH-2010 demonstraram que o Maranhão continuou tendo o menor IDH da região (0,639), mas agora apresentando IDH-médio. Novamente o oposto à condição do Maranhão foi o Mato Grosso com IDH de 0,725 (IDH-alto). Os dados de 2010 revelaram que todos os nove estados da Amazônia Legal apresentavam incrementos no IDH, tendo seis estados com IDH-médio (Acre, Amazonas, Maranhão, Pará, Rondônia e Tocantins) e três com IDH-alto (Amapá, Mato Grosso e Roraima). A variação percentual do IDH em 2000 e 2010 revelou que o Maranhão apresentou o maior percentual do índice nesse período com um aumento de 34,2%; ainda assim o estado apresenta o menor IDH da Amazônia Legal e o segundo menor do Brasil, ficando acima apenas de Alagoas, que possui IDH de 0,631. Roraima apresentou o menor crescimento percentual no período entre 2000 e 2010 com um aumento 18,2%. A diferença entre os

crescimentos percentuais do IDH do Maranhão e de Roraima pode ser explicada pelo fato de o IDH-2000 do Maranhão ter sido muito baixo IDH (0,476), enquanto o de Roraima era de IDH de 0,598 (BOLETIM AMAZÔNIA, 2016).

Segundo o Boletim Amazônia (2016), todos os municípios dos estados do Amapá, Mato Grosso, Rondônia e Tocantins demonstraram índices de IDH igual ou superior a 0,500 para 2010. De um modo geral, os municípios pertencentes à Amazônia Legal apresentaram grande melhora no IDH entre 2000 e 2010. Ainda segundo o Boletim Amazônia (2016), o principal fator que auxiliou na elevação do IDH na região da Amazônia Legal foi o componente educação, seguido pelos componentes renda e longevidade. O Maranhão apresentou crescimento de 80,13% no componente educação, passando de 0,312 para 0,562. O menor crescimento do período foi o de Roraima, que saiu de 0,457 para 0,628 (37,42% de crescimento). Entretanto o melhor IDH-educação da Amazônia Legal em 2010 ficou com o Mato Grosso (0,635).

Quadro 2. Dados socioeconômicos

ESTADOS	IDH			POPULAÇÃO			
	2000	2010	VARIAÇÃO IDH 2000-2010	2000	2010	VARIAÇÃO DA POPULAÇÃO (%)	INCREMENTO 2000-2010
Brasil	0,612	0,727	18,8%	169.590.693	190.755.799	12,5%	21.165.106
Acre (AC)	0,517	0,663	28,2%	557.226	733.559	31,6%	176.333
Amapá (AP)	0,577	0,708	22,7%	475.843	669.526	40,7%	193.683
Amazonas (AM)	0,515	0,674	30,9%	2.813.085	3.483.985	23,8%	670.900
Maranhão (MA)	0,476	0,639	34,2%	5.642.960	6.574.789	16,5%	931.829
Mato Grosso (MT)	0,601	0,725	20,6%	2.502.260	3.035.122	21,3%	532.862
Pará (PA)	0,518	0,646	24,7%	6.189.550	7.581.051	22,5%	1.391.501
Rondônia (RO)	0,537	0,69	28,5%	1.377.792	1.562.409	13,4%	184.617
Roraima (RR)	0,598	0,707	18,2%	324.152	450.479	39,0%	126.327
Tocantins (TO)	0,525	0,699	33,1%	1.155.913	1.383.445	19,7%	227.532

Fonte: IBGE (2000, 2010), PNUD (2000, 2010).

5.2.2 População dos estados analisados

Os dados da população no ano de 2000 demonstraram que estado de Roraima apresentou a menor população da Amazônia Legal com 324.152 habitantes. Por outro lado, o estado do Pará apresentava a maior população com 6.189.550 habitantes. Para o ano de 2010 os estados com menor e maior população continuaram os mesmos de 2000, sendo Roraima e Pará com 450.479 e 7.581.051, respectivamente. Os valores encontrados nos anos de 2000 e 2010 demonstraram que todos os estados analisados tiveram um crescimento percentual da população maior que o crescimento nacional que foi de 12,5%. Segundo Giatti & Cutolo (2012), a população da Amazônia Legal cresceu 21,0% entre 2000 e 2010 e atingiu 25.474.365 habitantes. Esse índice é quase o dobro da média de crescimento da população brasileira que foi de 12,3%.

A variação percentual da população de 2000 e 2010 revelou que o Amapá apresentou o maior acréscimo percentual do índice nesse período com 40,7% (isso representou um incremento de 193.683 habitantes). Rondônia apresentou o menor crescimento percentual no período de 2000 e 2010 com um aumento populacional de 13,4% (que representou um acréscimo de 184.61 habitantes). Entretanto o Pará apresentou o maior crescimento populacional no período analisado com o acréscimo de 1.391.501 habitantes, correspondendo a um aumento percentual de 22,5%.

5.2.3. PIB dos estados componentes da Amazônia Legal

Os dados do PIB-2002 demonstraram que Roraima possuía o menor PIB da Amazônia Legal com um valor de R\$ 2.312.650.000,00. O oposto à condição de Roraima era o Pará com um PIB de R\$ 25.659.110.000,00. Os dados do PIB-2010 demonstraram que Roraima continuou tendo o menor PIB e o Pará continuou tendo o maior PIB com os seguintes valores: R\$ 6.340.600.000,00 e R\$ 77.847.600.000,00, respectivamente. A variação percentual do PIB em 2002 e 2010 revelou que o Tocantins apresentou o maior aumento percentual nesse período com 207,5% entre os estados avaliados. O Amapá apresentou o menor crescimento percentual no período analisado com um aumento de 151,1%. Todos os estados que compõem a Amazônia Legal, exceto o Amapá, tiveram crescimento percentual do PIB maior que o crescimento do Brasil no período estudado, de 155,1%.

O crescimento do PIB do Mato Grosso também foi evidenciado por Freitas & Giatti (2009) como o mais dinâmico entre os anos 2002 e 2005 e isso pode continuar sendo visto até o ano de 2010. Para se ter uma ideia do peso do estado do Mato Grosso no PIB da Amazônia Legal, apresentou um valor semelhante ao PIB do Maranhão, mesmo possuindo praticamente a metade da população maranhense.

Quadro 3. Dados socioeconômicos

ESTADOS	PIB (EM R\$ 1.000.000 REAIS)			PIB PER CAPITA EM REAIS		
	2002	2010	VARIAÇÃO	2002	2010	VARIAÇÃO
Brasil	1.477.821,77	3.770.084,87	155,1%	7.631,00	19.766,33	159,0%
Acre (AC)	2.868,45	8.476,51	195,5%	3.833	11.567,41	201,8%
Amapá (AP)	3.291,53	8.265,96	151,1%	5.233	12.361,45	136,2%
Amazonas (AM)	21.791,16	59.779,29	174,3%	8.374	17.173,33	105,1%
Maranhão (MA)	15.448,77	45.255,94	192,9%	1.949	6.888,60	253,4%
Mato Grosso (MT)	15.153,54	43.514,21	187,2%	6.773	19.644,09	190,0%
Pará (PA)	25.659,11	77.847,60	203,4%	3.007	10.259,20	241,2%
Rondonia (RO)	7.779,88	23.560,64	202,8%	4.843	15.098,13	211,8%
Roraima (RR)	2.312,65	6.340,60	174,2%	4.162	14.051,91	237,6%
Tocantins (TO)	5.607,17	17.240,14	207,5%	2.931	12.461,67	325,2%

Fonte: IBGE (2002, 2010)

5.2.4 PIB per capita dos nove estados componentes da Amazônia Legal

Os dados do PIB-2002 demonstraram que o Maranhão possuía o menor PIB per capita da Amazônia Legal com um valor de R\$ 1.949,00. Oposto à condição do Maranhão era o Amazonas com um PIB per capita de R\$ 8.374,00. O Amazonas era o único estado da Amazônia Legal a ter um PIB per capita maior do que o PIB per capita do Brasil, de R\$ 7.631,00. Os dados do PIB-2010 demonstraram que o Maranhão continuou tendo o menor PIB per capita com um valor de R\$ 6.888,60; já o Amazonas foi ultrapassado pelo Mato Grosso como possuidor do maior PIB per capita da Amazônia Legal com R\$ 19.644,09. Em relação aos dados do PIB per capita 2010, o Mato Grosso foi o único estado da Amazônia Legal a ter renda per capita comparável ao PIB per capita do Brasil, de R\$ 19.766,33. A variação percentual do PIB per capita em 2002 e 2010 revelou que o Tocantins apresentou o maior aumento percentual nesse período com um aumento de 325,2% entre os estados que compõem a Amazônia Legal. O Amazonas foi o que apresentou o menor crescimento percentual no período de 2002 e 2010 com um aumento 105,1%. Todos os estados avaliados, exceto o Amazonas e o Amapá, tiveram crescimento percentual do PIB per capita maior que o crescimento do Brasil no período estudado. Entre 2002 e 2010 o crescimento percentual do Brasil foi de 159,0%.

Freitas & Giatti (2009) indicaram que nem sempre o maior PIB terá correspondência direta com o maior PIB per capita. Os resultados encontrados neste estudo estão de acordo com o observado pelos autores, pois, apesar de o Pará apresentar o maior PIB da Amazônia

Legal, ocupa apenas a penúltima posição no que se refere ao PIB per capita entre os nove estados analisados.

5.2.5 Estratificação salarial / distribuição de renda da população

Os dados do Quadro 4 demonstraram que 39,86% dos domicílios do Maranhão possuíam rendimento mensal domiciliar per capita de até 1/2 salário mínimo, apresentando, portanto, a pior condição da Amazônia Legal. No outro extremo, está o Mato Grosso com apenas 13,31% dos domicílios que se encontram nessa situação. Entre os estados da Amazônia Legal, apenas o Mato Grosso tem condição melhor quando comparado com a média nacional, de 17,76% dos domicílios.

Quando o critério muda para um rendimento mensal domiciliar per capita de mais de 1/2 a 1 salário mínimo, os estados posicionados na pior e melhor condição também mudam. Nessa faixa de rendimento, o pior índice foi encontrado no Pará, pois 36,37% dos domicílios recebem essa faixa de rendimento; a melhor situação é encontrada em Roraima, pois 28,90% dos domicílios recebem esse valor. Entre os estados da Amazônia Legal apenas Roraima tem condição melhor quando comparado com a média nacional, de 29,22% dos domicílios.

Para um rendimento mensal domiciliar per capita de mais de 1 a 2 salários mínimos, os estados posicionados na pior e melhor condição mudam novamente. Nessa faixa de rendimento, o pior índice foi encontrado no Maranhão, com apenas 17,39% dos domicílios que recebem essa faixa de rendimento. A melhor situação é encontrada em Mato Grosso, pois 33,11% dos domicílios recebem esse valor. Em relação à média brasileira, apenas Mato Grosso e Rondônia superaram os dados encontrados para o Brasil como um todo, de 28,77% dos domicílios.

Para a última faixa de rendimento mensal domiciliar per capita analisada neste trabalho, mais de 2 salários mínimos, os estados posicionados na pior e melhor condição foram Pará e Mato Grosso, respectivamente. Nessa faixa de rendimento, o pior índice foi encontrado no Pará, onde apenas 9,00% dos domicílios recebem essa faixa de rendimento. O segundo e terceiro piores resultados foram encontrados no Maranhão (9,29%) e no Amazonas (12,62%). A melhor situação é encontrada no Mato Grosso, onde 21,45% dos domicílios recebem rendimentos mensais per capita superiores a 2 salários mínimos. Mato Grosso é seguido por Roraima (20,31%) e Rondônia (17,29%). Em relação à média brasileira, apenas o Mato Grosso apresentou melhor resultado do que os dados encontrados para o Brasil, de 21,26%.

Quando é feito cruzamento de dados entre o PIB per capita 2010 com os dados extraídos da Tabela 3734 - (Domicílios particulares permanentes urbanos e distribuição percentual, por classes de rendimento mensal domiciliar per capita em salários mínimos) oriundos do SIDRA/IBGE para 2015, podemos observar que há algum antagonismo entre os dados, pois o Amazonas possui o segundo maior PIB per capita da Amazônia Legal (R\$ 17.173,33), porém possui o terceiro menor percentual de população que recebe mais de 2 salários mínimos (12,62%). Isso significa que a renda desse estado não está distribuída entre a população, resultando em concentração de renda.

Freitas & Giatti (2009) apresentaram um indicador de pobreza (pessoas com renda domiciliar per capita inferior à linha de pobreza) para 2005 e seus resultados indicaram que entre os estados da Amazônia Legal o mais bem posicionado era Mato Grosso com 20,6% da população; o Maranhão ficou na pior situação com 63,6%, seguido por Roraima

com 56,0%. Sendo a média brasileira de 40,0% da população vivendo abaixo da linha da pobreza. Segundo os autores, entre os estados analisados apenas Mato Grosso e Rondônia apresentam índices superiores à média nacional.

Viana et al. (2016) apresentaram dados mais recentes sobre índice de pobreza extrema (percentual da população com rendimento médio domiciliar per capita até um quarto do salário mínimo mensal) e evidenciaram que os estados da Amazônia Legal que mais reduziram a pobreza extrema entre 2000 e 2010 foram Tocantins (-54,2%), Rondônia (-49,3%) e Mato Grosso (-43,7%); os que menos conseguiram reduzir a pobreza extrema em sua população foram Roraima (-5,3%), Pará (-30,5%) e Acre (-32,2%). O Brasil conseguiu reduzir a pobreza extrema em -47,0% e a Amazônia Legal reduziu em 37,4%.

Quadro 4. Dados socioeconômicos.

BRASIL E UNIDADE DA FEDERAÇÃO	CLASSES DE RENDIMENTO MENSAL DOMICILIAR PER CAPITA								
	TOTAL	ATÉ 1/2 SALÁRIO MÍNIMO	%	MAIS DE 1/2 A 1 SALÁRIO MÍNIMO	%	MAIS DE 1 A 2 SALÁRIOS MÍNIMOS	%	MAIS DE 2 SALÁRIOS MÍNIMOS	%
Rondônia	451	92	20,40	138	30,60	135	29,93	78	17,29
Acre	170	57	33,53	50	29,41	40	23,53	22	12,94
Amazonas	879	294	33,45	277	31,51	186	21,16	111	12,63
Roraima	128	31	24,22	37	28,91	31	24,22	26	20,31
Pará	1655	546	32,99	602	36,37	335	20,24	149	9,00
Amapá	183	54	29,51	54	29,51	43	23,50	31	16,94
Tocantins	386	90	23,32	140	36,27	87	22,54	58	15,03
Maranhão	1184	472	39,86	374	31,59	206	17,40	110	9,29
Mato Grosso	909	121	13,31	264	29,04	301	33,11	195	21,45
Brasil	58298	10359	17,77	17040	29,23	16774	28,77	12398	21,27

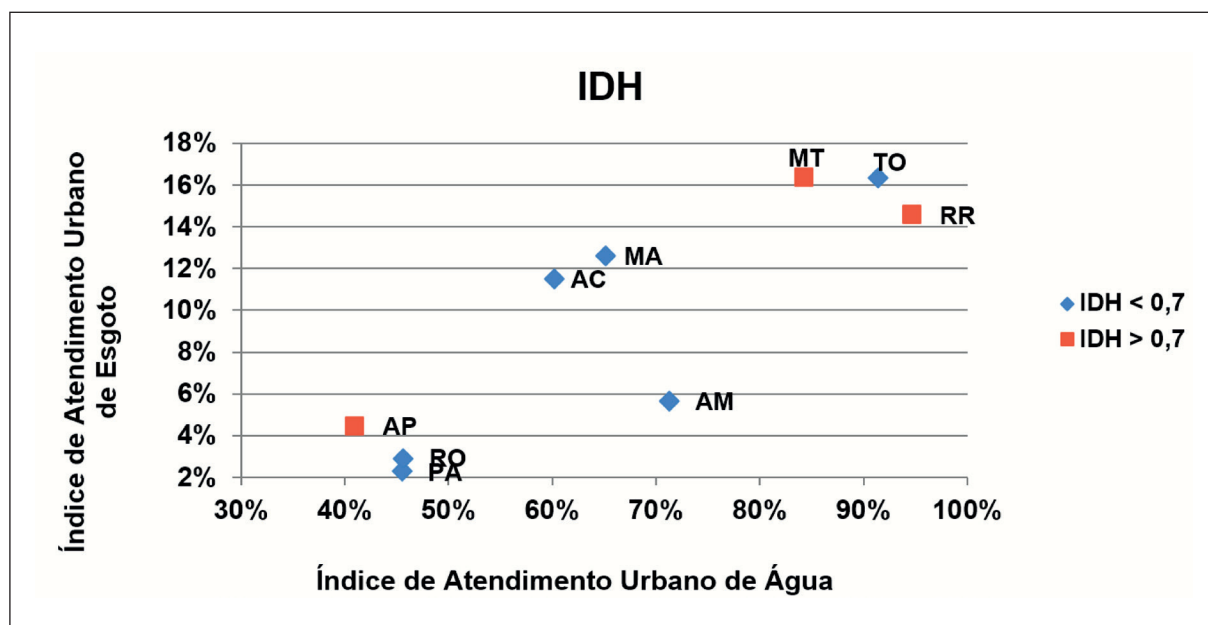
Fonte: SIDRA/IBGE (2017).

5.3 Relação entre os indicadores sanitários e socioeconômicos

Sabe-se que no Brasil o modelo de crescimento econômico adotado a partir dos anos 1970 gerou forte concentração de renda associado à exclusão de expressivos segmentos sociais, nos quais a maioria das moradias são precárias sob o aspecto das condições sanitárias e construtivas. Isso pode justificar o fato de o Pará ter apresentado em 2010 o maior PIB e em contrapartida apresentou o segundo pior índice de abastecimento urbano de água e o pior índice de esgotamento sanitário dentre os estados avaliados.

A correlação entre o IDH e a abrangência dos serviços de saneamento básico (água e esgoto) nos estados avaliados pode ser explicada pelo fato de esse índice levar em consideração, além de estatísticas de renda e de educação da população, a expectativa de vida ao nascer (LIBÂNIO *et al.*, 2005), importante indicador de saúde, que retrata, em certo grau, as condições de saneamento, conforme pode ser verificado na Figura 6.

Figura 6. Correlação de IDH com os índices de atendimento urbano de água e esgoto – 2010.



Fonte: IBGE (2010)

Neste estudo, os estados que apresentaram o IDH > 0,7 situaram-se no quadrante de maior cobertura dos serviços de saneamento (cobertura de água > 84% e cobertura de esgoto > 15%). Por sua vez, os pontos correspondentes aos estados com IDH < 0,7 encontraram-se mais dispersos no mapa, ocupando os quadrantes equivalentes à pior situação sanitária (cobertura de água < 80% e cobertura de esgoto < 14%).

O Tocantins apresentou um acréscimo no IDH de 33,1% entre 2000 a 2010, com valor de 0,699 em 2010. Apesar de o estado ser classificado com IDH médio (0,600-0,699), estava muito próximo de alcançar IDH alto (0,700 – 0,799), o que pode justificar o fato de esse estado ter apresentado a mesma correlação dos estados que possuem IDH igual ou superior a 0,7 (Roraima e Mato Grosso).

A correlação entre IDH e abrangência dos serviços de saneamento (água e esgoto) não foi observada para o Amapá no período de 2000 a 2010, visto que, apesar de ter um IDH alto em 2010 (0,708), demonstrou baixos índices de atendimento urbano de água e esgoto. Uma possível explicação para essa discrepância pode estar relacionada a baixo investimento aliado ao aumento populacional de 40,7% no período analisado, o que representou um incremento de 193.683 habitantes. De acordo com os dados apresentados, a situação do Amapá somente mudará se houver um aumento nos investimentos em água e esgoto e maiores iniciativas do poder público.

Segundo Galvão Junior (2009), o déficit dos serviços de água e esgoto no Brasil é mais acentuado nas populações de baixa renda, as quais apresentam maiores problemas de saúde

pública. Esse déficit evidencia características de desigualdades sob os aspectos inter-regionais, renda familiar e localização do domicílio. Após fazer o cruzamento do indicador social – IDH dos estados pertencentes à Amazônia Legal com as taxas de internação por doenças relacionadas ao saneamento inadequado (DRSAI) em 2010, Viana (2014) verificou que o Pará atingiu o segundo pior desempenho para o IDH e apresentou a maior taxa de internação por DRSAI. Essas informações validam os dados obtidos neste estudo, visto que o Pará apresentou para esse ano o segundo pior índice de abastecimento de água e o pior de esgotamento sanitário dentre os estados analisados (itens 5.1.1 e 5.1.2).

Viana et al. (2016) apresentaram a porcentagem da população na situação de pobreza extrema para 2010 e demonstraram que os estados em pior situação são Maranhão (22,5%), Amapá (16,4%) e Pará (15,9%). Neste estudo, Amapá e Pará estiveram entre os três piores índices de atendimento urbano de água e esgoto para esse período, evidenciando que a distribuição desigual dos serviços de saneamento pode ser decorrente das profundas desigualdades sociais ainda existentes nesses estados, pois 69,4% da população paraense e 59,0% da população amapaense recebem até um salário mínimo.

Concluindo, os dados apresentados neste estudo demonstram que, apesar dos avanços que ocorreram nos últimos anos, a universalização dos serviços de água e esgoto na Amazônia Legal ainda está muito distante, principalmente, quando se trata de esgotamento sanitário. Nesse contexto, é percebida a necessidade de reavaliar a tão disseminada disponibilidade hídrica na região, devendo ser incorporada mais atenção às ações sob o ponto de vista da qualidade da água para o consumo humano.

No período analisado, foram identificadas melhorias dos indicadores socioeconômicos e sanitários em alguns estados, em contrapartida, existem imensas desigualdades quando comparadas com outras regiões brasileiras.

Neste estudo, foi observado que os estados que apresentavam os maiores IDH também possuíam a maior cobertura dos serviços de saneamento básico (água e esgoto). Entretanto, cabe ressaltar que essa correlação não foi observada para o Amapá, visto que, apesar de ter um IDH alto em 2010 (0,708), demonstrou baixos índices de atendimento urbano de água e esgoto. Uma possível explicação para essa discrepância pode estar relacionada a baixo investimento aliado a elevado aumento populacional no período analisado.

Salienta-se que os problemas ocasionados pela falta de saneamento básico ultrapassam as fronteiras territoriais, o que deve ser encarado minimamente como um problema nacional devido aos altos riscos para a saúde.

Referências

BOLETIM AMAZÔNIA / Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia, 2016. Belém: SUDAM, 2016.

BRASIL. **Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 13 ago. 2017.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2010**. Brasília: SNSA/MCidades, 2012.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2015**. Brasília: SNSA/MCidades, 2017.

CAPAZ, R.S.; HORTA, N.L.A. **Ciências Ambientais para a Engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 328p.

FREITAS, C.M.; GIATTI, L.L. **Indicadores de sustentabilidade ambiental e de saúde na Amazônia Legal**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.25, n. 6, p. 1251-1266, 2009.

GIATTI, L.L.; CUTOLO, S.A. **Acesso à água para consumo humano e aspectos de saúde pública na Amazônia Legal**. Rev. Ambiente & Sociedade. São Paulo, v.XV, n.1, p.93-109, jan.-abr. 2012.

GALVÃO JUNIOR, A.C. **Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil**. Revista Panam Salud Publica. 2009; 25(6): 548-56.

IBGE. **Contas Regionais do Brasil 2000**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20/10/2017.

IBGE. **Sinopse Preliminar do Censo Demográfico 2000**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20/10/2017.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento: resultados com base no SNIS 2015**. São Paulo, 2017.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Cartilha de Saneamento**. 2009. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/novo_site/cms/templates/trata_brasil/util/pdf/Cartilha_de_saneamento.pdf>. Acesso em: 20 out. 2017.

Índice de Progresso Social na Amazônia Brasileira: **IPS Amazônia 2014**. Disponível em: <<http://www.ipsamazonia.org.br/#aspects%5B%5D=1&aspects%5B%5D=2&aspects%5B%5D=7&aspects%5B%5D=12&map-view=city&map-type=performance&active-cat=1&page=1&tab=map>>. Acesso em: 23 set. 2017.

LIBÂNIO, P.A.C.; CHERNICHARO, C.A.L.; NASCIMENTO, N.O. **A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública.** Rev. Eng. Sanir. Ambient. Vol.10-nº 3 – jul/set 2005, p. 219-228.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Nacional de Saneamento Básico.** Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2014.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil.** Disponível em: <<http://www.br.undp.org>>. Acesso em: 20 out. 2017.

SALHEB, G.J.M *et al.* **Políticas Públicas e Meio Ambiente: Reflexões e Preliminares.** S/D. 2009. Disponível em: <<https://periodicos.unifap.br/index.php/planeta/article/view/57/v1n1Gleidson.pdf>>. Acesso em: 19 de out. 2017.

SUDAM. **Legislação da Amazônia.** Disponível em: <<http://www.sudam.gov.br/index.php/fno/58-acesso-a-informacao/86-legislacao-da-amazonia>>. Acesso em: 25 set. 2017.

VIANA, R. L. **Saneamento e saúde na Amazônia Legal:** uma análise de situação de saúde ambiental nos municípios do estado do Maranhão. Tese (Doutorado). Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2014.

VIANA, R.L.; FREITAS, C.M.; GIATTI, L.L. **Saúde ambiental e desenvolvimento na Amazônia legal:** indicadores socioeconômicos, ambientais e sanitários, desafios e perspectivas. Rev. Saúde Soc. São Paulo, v.25, n.1, p.233-246, 2016.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Elisandra Scapin - Possui graduação e mestrado em Química e doutorado em Ciências pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Realizou doutorado sanduíche na Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa. É professora no curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Câmpus de Palmas. Atua como professora permanente no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente na UFT e como professora colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal (Bionorte). Tem experiência nas áreas de síntese orgânica, plantas medicinais e biomassa.

Magale Karine Diel Rambo - Possui graduação e mestrado em Química pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), doutorado em Química pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Realizou estágio no grupo Carbolea da Universidade de Limerick (UL), Irlanda, participando do projeto DIBANET (www.dibanet.org) entre a Comunidade Europeia e a América Latina. Atualmente é pesquisadora de produtividade pela Universidade Federal do Tocantins (UFT) e professora do curso de Engenharia Ambiental e dos programas de pós-graduação em Ciência dos Alimentos e em Ciências Ambientais da UFT. Tem experiência na área de química analítica, com ênfase em química analítica ambiental, biocombustíveis, biorrefinarias e quimiometria.

Marcio Galdino dos Santos - É mestre e doutor em Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Atualmente, é professor associado no bacharelado e licenciatura em Ciências Biológicas e no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Câmpus Porto Nacional. Possui experiência na área de química, com ênfase em química orgânica, atuando, principalmente, nos seguintes temas: química de produtos naturais, etnobotânica e plantas medicinais.

SOBRE OS AUTORES

Ademar Roberto Martins de Vasconcelos - É mestre em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), graduado em Tecnologia em Gestão Ambiental pelo Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI), graduando em Licenciatura em Física pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Tem experiência na área de ciências ambientais, educação e informática, atualmente integra projetos de pesquisas no Núcleo de Socioeconomia (NUSEC/UFAM) nas seguintes áreas: gestão ambiental, sustentabilidade, serviços ecossistêmicos, unidades de conservação, e gestão de projetos ambientais.

Adriana Malvasio - Possui pós-doutorado pelo Laboratório de Ecologia Animal do Departamento de Biologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz (Esalq/USP). É doutora e mestra em Ciências Biológicas (Zoologia) pelo Departamento de Zoologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (IB/USP), graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Atualmente, é professora associada da Universidade Federal do Tocantins (UFT). Atua nos cursos de graduação em Engenharia Ambiental e nos programas de pós-graduação em Ciências do Ambiente e em Ecologia de Ecótonos. Tem experiência na área de zoologia e ecologia animal com ênfase em quelônios e crocodilianos.

Alessandro Lemos de Oliveira - Possui graduação em Geografia pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Jales. Foi professor do Centro de Ensino Médio Ary Ribeiro Valadão Filho de 2000 até 2014, professor no CEC (Preparatório para Concursos e Pré-Vestibular) e professor na Escola Estadual Dr. Joaquim Pereira da Costa de 2008 até 2014. Possui especialização em Geografia, com ênfase em Geografia e Meio Ambiente. É professor no Instituto Federal do Tocantins (IFTO), Câmpus de Araguaína. Foi coordenador do curso técnico em Biotecnologia Integrado ao Ensino Médio. Possui mestrado pelo Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais e Ambientais pela Universidade Federal do Tocantins (UFT) e é doutorando pela UFT no programa Ciências do Ambiente. Atualmente é diretor de Pesquisa e Pós-Graduação do IFTO.

Ana Cristina Lima do Nascimento - Possui graduação em História pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Atualmente é professora de ensino fundamental e médio da Escola Municipal Professora Francisca Goes dos Santos. Tem experiência na área de história com ênfase em História do Brasil e Arqueologia. Participa do Núcleo de Socioeconomia como pesquisadora e atua também como colaboradora em projetos de pesquisa e extensão desenvolvidos na Comunidade São Francisco, Careiro da Várzea/Amazonas.

Aparecido Osdimir Bertolin - É professor associado da Universidade Federal do Tocantins (UFT); graduado em Ciências Biomédicas pela Fundação Herminio Ometto de Araras/SP, especialista em Patologia Clínica e Análises Clínicas, mestre em Microbiologia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP) e doutor em Microbiologia Aplicada pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Tem vinte anos de experiência como orientador na graduação de Ciências Biológicas da UFT; é fundador/orientador com mais de 10 anos de experiência no Programa de Mestrado e Doutorado em Ciências do Ambiente da UFT; revisor de várias revistas científicas nacionais e internacionais; consultor dos editais do Programa Pesquisa para o SUS (PPSUS) e de várias semanas de computação e tecnologia da informação (SCTI) de estados; diretor executivo da OX&CO2 Consulting. Tem experiências acumuladas de vinte anos em designer de projetos através de metodologias ativas e grupos dirigidos, e na gestão de projetos acadêmicos e/ou técnicos; em gestão ambiental e sustentabilidade; tomadas de decisões e governança corporativa; planejamento estratégico e sustentabilidade; avaliação ambiental estratégica; gestão estratégica; designer ecológico de instrumentações tecnológicas e metodológicas nas áreas de monitoramento, avaliação e diagnóstico ambientais em unidades de conservação decorrentes de atividades antrópicas, como agricultura e pecuária; soluções inteligentes e liderança de pessoas/equipe/time; experiência na área de microbiologia médica com ênfase em antibiose, ecologia de microrganismos, atuando principalmente nos seguintes temas: microbiologia médica e ambiental, saúde pública, bacteriologia, leveduras killer e bioativos de produtos naturais.

Daniella Costa Faria Nepomuceno - Possui graduação em Engenharia Ambiental, mestrado em Ciências do Ambiente e é doutoranda em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins (UFT). Tem experiência na área de engenharia sanitária.

David Franklin da Silva Guimarães - Possui graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Tem experiência na área de recursos florestais e engenharia florestal com ênfase em recuperação de áreas degradadas. Atuando principalmente nos seguintes temas: Amazônia, sensoriamento remoto, urbanização, gestão ambiental e meio ambiente.

Diógenes Alencar Bolwerk - Possui graduação em História (Licenciatura) pela Universidade do Tocantins (Unitins), mestrado em Tecnologías Integradas y Sociedad del Conocimiento, Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED/ES), mestrado em Geografia pela Universidade Federal do Tocantins (UFT) e é doutorando em Ciências do Ambiente pela UFT. Tem experiência na área de educação com ênfase em mídias, gestão do conhecimento e tecnologias digitais de aprendizagem. Na área de história, tem experiência em história do pensamento econômico, epistemologia e teoria da história. Na área de geografia, atua, principalmente, nos seguintes temas: geopolítica, geografia regional com destaque em (re)produção do espaço, metropolização e planejamento urbano regional. Na área do cinema, desenvolve estudos e trabalhos com gênero de documentário-ficção.

Edivaldo Dias Barbosa - Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade do Tocantins (Unitins); é mestrando em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins (UFT). Atualmente é analista ambiental do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Tem experiência na área de ciências ambientais com ênfase em monitoramento ambiental. Atua principalmente nos seguintes temas: desmatamento, áreas embargadas, Amazônia, Cerrado.

Elineide Eugênio Marques - É graduada em Ciências Biológicas e doutora em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), mestra em Zoologia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Atualmente, é professora associada da Universidade Federal do Tocantins (UFT). Tem experiência na área de ciências ambientais, especialmente ecologia com ênfase em manejo e conservação de recursos pesqueiros de águas interiores. Atua, principalmente, nos seguintes temas: biologia e ecologia de peixes e pesca, ecologia de reservatórios, impactos socioambientais e econômicos de empreendimentos hidrelétricos.

Eugislane Moreira Lima - É graduada em Pedagogia, mestre e doutoranda em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins (Ciamb/UFT), especialista em Docência no Ensino Superior e EaD e servidora da UFT.

Fábia Santos Mello - Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB), especialização em Gestão Ambiental e Formação para o Magistério Superior. Trabalha atualmente como docente no curso de Engenharia Civil do Ceulp/Ulbra Tocantins.

Fabian Serejo Santana - É graduado em Direito, mestre e doutorando em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins (UFT). É graduado em Filosofia pelo Instituto de Ciências Sociais e Humanas e bacharelado em Teologia pelo Seminário Teológico Batista do Norte. Publicou artigos em revistas indexadas; é autor do livro *Pense Direito: Sujeitos e Atores na Formação da Consciência Jurídica* (Curitiba: Editora Appris, 2016). Atua principalmente nos seguintes temas: Tocantins, trabalho escravo, direito, ambiente, novas perspectivas e educação.

Fábio da Costa Silva - Possui bacharelado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Tocantins (UFT) e graduação sanduíche pelo programa Ciências Sem Fronteiras em Michigan State University. Desenvolveu pesquisas na área de hidrologia, com o foco em infiltração de água no perfil do solo e a resistência à penetração de raízes em latossolos do Cerrado. Tem experiência como monitor de geologia e informática das engenharias no curso de Engenharia Ambiental. Atualmente trabalha como professor de inglês.

Fernanda Brito de Abreu - É graduada em Arquitetura e Urbanismo e em Desenho Industrial pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA), especialista em Arquitetura e Paisagem pela Universidade Nove de Julho/SP, mestranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins (Ciamb/UFT). É professora especialista no curso de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Luterana do Brasil - Câmpus de Palmas (CEULP/ULBRA). É conselheira suplente do Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Tocantins (CAU/TO) em exercício. Atua na área de projetos de arquitetura e urbanismo e suporte técnico a obras, com experiência em projetos de edificações com estrutura em concreto pré-moldado. Atuou como professora substituta no Instituto Federal de Educação do Tocantins (IFTO) - Câmpus de Palmas, pelo departamento de Construção Civil.

Fernando de Moraes - Possui graduação em Geografia pela Universidade Estadual do Tocantins (Unitins), mestrado e doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e pós-doutorado pela Universidad de Zaragoza. Atualmente é professor associado I da Universidade Federal do Tocantins (UFT), membro do corpo editorial da Interface (Porto Nacional), revisor de periódico da Interface (Porto Nacional), revisor de periódico da Espeleo-Tema (São Paulo), revisor de periódico do Caderno de Geografia, da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUCMG. Impresso), revisor de projeto de fomento da Fundação de Apoio e Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do MS, revisor de periódico da Revista Brasileira de Geomorfologia e revisor de periódico da Revista Brasileira de Geografia Física. Tem experiência na área de geociências, com ênfase em geografia física. Atua principalmente nos seguintes temas: eletrorresistividade, bacia hidrográfica, infiltração, condutividade hidráulica.

Heber Rogério Gracio - Doutor e mestre em Antropologia Social pelo Programa de Pós-Graduação em Antropologia Social (PPGAS/UnB). Professor adjunto da Universidade Federal do Tocantins (UFT) nos cursos de Medicina e no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente. Atua nas áreas de avaliação de identificação e avaliação de impactos sociais e ambientais, gestão territorial e avaliação de modelos de desenvolvimento regional.

Heleno Manduca Ayres Leal - Possui graduação em Processamento de Dados pela Universidade do Tocantins (Unitins) e especialização em Banco de Dados pela Faculdade Católica do Tocantins. Atualmente é professor do ensino básico, técnico e tecnológico, área informática. Tem experiência na área de ciência da computação com ênfase em linguagem de programação estruturada, arquitetura de sistemas de computação, sistemas operacionais, programação Web, plataforma EAD.

Henrique dos Santos Pereira - Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), mestrado em Biologia (Ecologia) pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e doutorado em Ecologia – Pennsylvania State University. Atualmente é professor titular da Faculdade de Ciências Agrárias e do Centro de Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Amazonas, onde coordena o Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia (www.ppgcasa.ufam.edu.br). É professor e pesquisador conveniado do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Tem experiência na área de agronomia com ênfase em agricultura familiar; atua principalmente nos seguintes temas: comunidades ribeirinhas, Amazônia, manejo de recursos naturais, extrativismo e políticas de gestão ambiental.

Hilka Monteiro Rocha - Possui graduação em Química pela Universidade de Brasília (UnB). Atualmente é agente ambiental federal, técnica e coordenadora do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Tem experiência na área de ciências ambientais, com ênfase em prevenção e atendimento às emergências ambientais. É mestranda em Ciências do Ambiente, linha de pesquisa Biodiversidade e Recursos Naturais, na Universidade Federal do Tocantins (Ciamb/UFT). Ministrou palestra a convite da UFT sobre remediação de sítios contaminados ou passivos ambientais ou questões associadas à Resolução Conama 420/09 em novembro de 2016.

José Lamadrid Marón - É licenciado e bacharel em Geografia pela Universidade da Habana (UH) Cuba, mestre em Geografia Física (UH); doutor em Ciências Pedagógicas. PhD pela Universidade da Habana, título reconhecido pela Universidade de São Paulo (USP). Experiências docentes e científicas em Cuba: ensino básico (fundamental e médio), ensino tecnológico. É colaborador do Instituto de Geografia da Academia de Ciências de Cuba. Tem experiência docente universitária em Angola e Venezuela. Experiência científica e docente no Brasil: INPE (DZEE); IBGE, membro da equipe de pesquisa para elaboração do relatório e mapa geoambiental do Tocantins (1994-1996); professor da Universidade de Tocantins (Unitins) (1994-2003); diretor de pesquisas da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA) (1996-2011); colaborador técnico no Atlas do Tocantins (SEPLAN, 1998); professor efetivo da Universidade Federal do Tocantins (UFT) (2003-2011) nos cursos de Geografia e de Pedagogia. Membro fundador dos cursos de mestrado em Ciências do Ambiente (PGCIAMB); e Geografia (UFT/Porto Nacional); aposentado desde 2011 (UFT), atualmente é colaborador em ambos os cursos. É avaliador do Inep para disciplinas e instituições. Pesquisas recentes: coordenador do projeto Alfabetização Científica e Tecnológica no Ambiente Escolar Local; coordenador das coletâneas 2014 e 2016, membro da equipe técnico na Gerência de Ensino Médio (Seduc-TO) (2012-2016).

Juliane Nancy Lima Porto - Possui graduação em Ciências Biológicas e é mestranda em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins (UFT).

Kássia da Costa Vieira - É graduada em Arquitetura e Urbanismo e mestranda em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), especialista em Arquitetura e Iluminação pelo Instituto de Pós Graduação (IPOG). Tem experiência na área de arquitetura e urbanismo, com ênfase em elaboração e desenvolvimento de projetos arquitetônicos e complementares, atuando principalmente nos seguintes temas: projeto, arquitetura, iluminação e urbanismo.

Kellen Lagares F. Silva - Possui graduação em Ciências Biológicas, modalidade licenciatura e bacharelado, mestrado e doutorado em Botânica pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Atualmente é professora associada da Universidade Federal do Tocantins (UFT) nos cursos de licenciatura e bacharelado em Ciências Biológicas, onde desenvolve projetos de pesquisa e extensão. É professora efetiva do curso de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente, com orientações de mestrado e doutorado. É colaboradora no mestrado em Biodiversidade, Ecologia e Conservação. Atualmente é coordenadora do curso de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e presidente do Instituto de Biodiversidade da UFT. Tem experiência na área de botânica, com ênfase em botânica, atuando principalmente nos seguintes temas: anatomia ecológica e respostas de plantas a agrotóxicos.

Leticia Brito de Oliveira Suarte - É graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), especialista *latu sensu* em Gestão Educacional e Metodologia do Ensino de Ciências Naturais, Matemática e Ciências; Educação do Campo, Agricultura Familiar e Envolvimento Social no Tocantins. Tem mestrado em Ciências do Ambiente, com a pesquisa Educação Científica na Formação Continuada de Professores da Educação Básica. Atualmente é doutoranda em Ciências do Ambiente da UFT. É servidora efetiva da Secretaria de Educação, Juventude e Esporte do Estado do Tocantins. Foi membro do grupo de trabalho intersetorial do programa Saúde na Escola (2007-2013), com o projeto Saúde e Prevenção na Escola, uma abordagem humanística. Tem experiência em formação continuada de professores de ciências. É membro do grupo de trabalho do projeto Alfabetização Científica no Ambiente Local e coordena o grupo de trabalho de professores de ciências do ensino fundamental na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Liliana Pena Naval

É doutora em Engenharia Química pela Universidad Complutense de Madrid, docente da na graduação em Engenharia Ambiental e no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Tocantins (UFT). Tem experiência na área de engenharia sanitária, com ênfase em controle da poluição e saneamento ambiental. Atua, principalmente, nos seguintes temas: águas residuárias domésticas, qualidade da água e reúso. É editora dos periódicos *Ambiente e Sociedade* e da *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*.

Márcio Trevisan - É doutorando em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), mestre em Ciências Biológicas (Bioquímica Toxicológica) pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), especialista em Gestão de Vigilância Sanitária e em Regulação em Saúde no SUS pela Fundação de Ensino e Pesquisa Sírío Libanês e graduado em Farmácia e Bioquímica pela Universidade Federal de Santa Maria. Possui experiência como farmacêutico na Secretaria Municipal de Saúde de Palmas (2005-2006). Atuou na criação e como primeiro gerente da Gerência de Assistência Farmacêutica da Secretaria Municipal de Saúde de Palmas (2006-2008). Após ingressar na Vigilância Sanitária Municipal atuou como analista de saúde/inspetor sanitário (2008-2009), como coordenador de saúde da Vigilância Sanitária (2008-2009) e como gerente de Vigilância Sanitária (2009-2010 e 2015-atual). Atua como organizador e colaborador no processo de criação do Núcleo de Educação em Vigilância Sanitária (NEVS) da Vigilância Sanitária de Palmas. Tem experiência como docente de graduação acadêmica em farmacologia geral para os cursos de Odontologia, Fisioterapia e Enfermagem na Instituição de ensino Superior de Porto Nacional (IESPEN) (2006-2008), fisiologia do exercício e histologia básica para o curso de Fisioterapia na faculdade Objetivo de Palmas (2006-2008). É docente de graduação em metodologia científica, biofísica, bioquímica e química geral e analítica na instituição Faculdade Católica do Tocantins (2006-2011). Atua como pesquisador voluntário em projeto de pesquisa na Universidade Federal do Tocantins; é membro do Conselho de Meio Ambiente Municipal de Palmas e membro do Núcleo Estadual de Segurança do Paciente do Estado do Tocantins.

Marina Haizenreder Ertzogue - É doutora em História Social pela Universidade de São Paulo (USP), graduada e mestra em História pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUC-RS), docente dos programas de pós-graduação em Ciências do Ambiente (Ciamb) e em Comunicação e Sociedade da UFT. Atualmente, é professora

associada e leciona no curso de História da UFT. Tem experiência na área de História, com ênfase em história cultural e metodologia da pesquisa. Atua, principalmente, nos seguintes temas: gênero, cultura e ambiente, memória, imagens e história das sensibilidades, imprensa literária. É pesquisadora do CNPq.

Mariza Fernandes Souza - Graduada em Ciências Biológicas e mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), realiza pesquisas na área de pesca e ecologia de peixes de reservatórios, com ênfase no conhecimento tradicional de pescadores.

Michelle Andreza Pedroza da Silva - Possui graduação em Ciências Biológicas, especialização em Gestão de Etnodesenvolvimento e mestrado em Ciências do Ambiente. Atualmente é pesquisadora do Núcleo de Socioeconomia da Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

Monica Alves de Vasconcelos - É doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia (PPGCASA/CCA/UFAM), mestre em Ciências Florestais e Ambientais e graduada em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Tem experiência na área de educação ambiental e geotecnologias, com ênfase em sensoriamento remoto, atuando, principalmente, nos seguintes temas: ecologia de paisagens, uso e cobertura do solo, inventário florestal e SIG.

Rayssa Lima de Melo - É graduada em Engenharia Ambiental, especialista em Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental, especialista em Saneamento Ambiental e mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins (UFT).

Ricardo Tenaxi Javaé - É professor da rede pública de educação, licenciado em Educação Intercultural pela Universidade Federal de Goiás (UFG), atua na aldeia Txuiri em Formoso do Araguaia. Ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente em 2017 por meio de edital de Ações Afirmativas.

Rodrigo Santili do Valle - É delegado de polícia, especialista em Direito Penal e Processual Penal, especialista em Direito Aplicado, bacharel em Direito, mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins (UFT).

Robson Tiburcio - Possui graduação em Direito pela Associação Educacional Unyahna de Salvador. É advogado militante desde 2010 com atuação nas áreas de Direito Público e Privado.

Suzy Cristina Pedroza da Silva - É doutora em Geociências Aplicadas pela Universidade de Brasília (UnB), graduada em Engenharia Florestal e mestre em Agricultura e Sustentabilidade na Amazônia pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), área de concentração – agroecologia. Tem experiência nas áreas de geoprocessamento, sistemas de informação geográfica e sensoriamento remoto, recursos florestais, agricultura familiar e sistemas agroflorestais.

Vanessa Ribeiro de Sousa Santos - É doutoranda em Ciências do Ambiente e mestre em Ecologia de Ecótonos pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), com estudos na área de ecologia, anatomia, fisiologia vegetal e poluentes agrícolas; pós-graduada em Direito Privado pela Universidade Cândido Mendes e graduada em Direito e em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual do Piauí.

Tharles Lopes Oliveira Guedes - É licenciado e bacharel em Ciências Biológicas e mestre em Ecologia de Ecótonos pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), especialista em Gestão e Planejamento Ambiental pelo Instituto Tocantinense de Educação Superior e Pesquisa LTDA (ITOP). É docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), Câmpus Porto Nacional. Atua nos cursos: Técnico em Meio Ambiente Integrado ao Ensino Médio; Técnico em Administração Integrado ao Ensino Médio e Técnico em Informática para Internet Integrado ao Ensino Médio em que ministra biologia (ensino médio).

Wherbert da Silva Araújo - Possui graduação em Comunicação Social pela Universidade Federal do Tocantins. Tem experiência na área de comunicação.

Esta obra é um convite para a erudição do fundamental elemento para a vida: a água. O tema foi contextualizado para a Amazônia Legal, região que retém a maior abundância desse recurso no Brasil. Pela visão dos autores, foram produzidos capítulos esmiuçando dados inclusos em instituições públicas pertinentes, e/ou analisando resultados de coleta in loco, que, para a grande maioria das pessoas, estão inacessíveis. Dessa forma, foi possível traçar uma relação socioambiental desse recurso precioso, marcado por descasos, abusos e ingerência.

