

SÉRIE  
ESTUDOS  
ACADÊMICOS

VOL. 2

Viviane Corrêa Santos  
Walter Luiz Jardim Rodrigues

ORGANIZADORES

# GEOTECNOLOGIAS

## APLICAÇÕES NO CAMPO INTERDISCIPLINAR

Viviane Corrêa Santos  
Walter Luiz Jardim Rodrigues  
(Organizadores)

# **GEOTECNOLOGIAS**

## **APLICAÇÕES NO CAMPO INTERDISCIPLINAR**

1ª edição

 editora  
**itacaiúnas**  
Ananindeua – PA  
**2019**

© 2019 da edição por Editora Itacaiúnas  
© 2019 por vários autores  
Todos os direitos reservados.

Conselho Editorial

**Márcia Aparecida da Silva Pimentel** | Universidade Federal do Pará (UFPA)  
**José Antônio Herrera** | Universidade Federal do Pará (UFPA)  
**Bruno Nunes Batista** | Instituto Federal Catarinense (IFC)  
**Wildoberto Batista Gurgel** | Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)  
**André Luiz de Oliveira Brum** | Universidade Federal do Rondônia (UNIR)  
**Mariana Neves Cruz Mello** | Universidade do Estado do Pará (UEPA)  
**Josimar dos Santos Medeiros** | Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)  
**Miguel Rodrigues Netto** | Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)  
**Rodrigo de Lima Leal** | Instituto de Educação Superior Raimundo Sá (IESRSA)  
**Jenaldo Alves de Araújo** | Universidade Luterana do Brasil (ULBRA)  
**Mário Silva Uacane** | Universidade Licungo / Moçambique  
**Francisco da Silva Costa** | Universidade do Minho / Portugal  
**Ofelia Pérez Montero** | Universidad de Oriente- Santiago de Cuba-Cuba

Editora-chefe

**Viviane Corrêa Santos** | Universidade do Estado do Pará (UEPA)

Capa e editoração eletrônica

**Walter Rodrigues**

Texto revisado pelos autores e organizadores segundo o Novo Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa.

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

G352	Geotecnologias [recurso eletrônico] : aplicações no campo interdisciplinar / Viviane Corrêa Santos, Walter Luiz Jardim Rodrigues (Organizadores). – Ananindeua, PA : Itacaiúnas, 2019. 168 p. : il. ; PDF ; 20 MB. – (Série Estudos acadêmicos ; v.2)
	Inclui bibliografia e índice. ISBN: 978-85-9535-167-7 (Ebook) DOI 10.29327/511243 1. Geografia. 2. Geotecnologias. I. Santos, Viviane Corrêa. II. Rodrigues, Walter Luiz Jardim. III. Título. IV. Série.
2019-2402	CDD 910 CDU 91

Elaborado por Vagner Rodolfo da Silva - CRB-8/9410

#### Índice para catálogo sistemático:

1. Geografia 910
2. Geografia 91

---

Esta obra é licenciada por uma Licença Creative Commons Licença Creative Commons:  
**Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 4.0 Internacional**  
(CC BY-NC-SA 4.0). Direitos para esta edição cedida à Editora Itacaiúnas  
pelos autores para esta obra.

Esta obra foi publicada pela [Editora Itacaiúnas](#) em dezembro de 2019.

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO 1 - GEOPOTENCIALIDADE PISCÍCOLA PARA VIVEIROS ESCAVADOS NO MUNICÍPIO DE CAMETÁ, PARÁ .....</b>	<b>8</b>
<i>Yasmim Rodrigues Wanzeler</i>	
<i>Wellington Morais Ferreira</i>	
<b>CAPÍTULO 2 - ANÁLISE QUANTITATIVA DA VEGETAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO RIO CASTELO-TRECHO URBANO DO MUNICÍPIO DE CASTELO (ES) .....</b>	<b>23</b>
<i>Caio Henrique Ungarato Fiorese</i>	
<i>Vinícius Rocha Leite</i>	
<b>CAPÍTULO 3 - ESTUDO DAS ÁREAS VERDES DO PERÍMETRO URBANO DE MUNIZ FREIRE (ES) .....</b>	<b>37</b>
<i>Caio Henrique Ungarato Fiorese</i>	
<i>Gabriel Adão Zechini da Silva</i>	
<i>Vinícius Rocha Leite</i>	
<b>CAPÍTULO 4 - GEOTECNOLOGIAS E SABERES TRADICIONAIS APLICADOS À ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL .....</b>	<b>52</b>
<i>Walter Luiz Jardim Rodrigues</i>	
<i>Viviane Corrêa Santos</i>	
<i>Márcia Aparecida da Silva Pimentel</i>	
<b>CAPÍTULO 5 - O USO DAS GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AOS ESTUDOS DA RELAÇÃO ENTRE GEOGRAFIA E LITERATURA: O MAPA GEOLITERÁRIO DA CIDADE DE BELÉM DO PARÁ.....</b>	<b>71</b>
<i>Walter Luiz Jardim Rodrigues</i>	
<i>Viviane Corrêa Santos</i>	
<i>Márcia Aparecida da Silva Pimentel</i>	
<b>CAPÍTULO 6 - GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO USO E COBERTURA DO SOLO: O CASO DA CIDADE DE BELÉM/PA .....</b>	<b>86</b>
<i>Francisco Helter Fernandes do Amaral</i>	
<i>Viviane Corrêa Santos</i>	

<b>CAPÍTULO 7 - GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À IDENTIFICAÇÃO DE ILHAS DE CALOR: O CASO DA CIDADE DE BELÉM/PA .....</b>	<b>99</b>
<i>Francisco Helter Fernandes do Amaral</i>	
<i>Viviane Corrêa Santos</i>	
<b>CAPÍTULO 8 - COMPORTAMENTO DA RADIAÇÃO SOLAR PARA OS DIFERENTES ELEMENTOS DA PAISAGEM.....</b>	<b>115</b>
<i>Charles Caioni</i>	
<b>CAPÍTULO 9 - A FLORESTA CONTRIBUI PARA A REDUÇÃO DA TEMPERATURA SUPERFICIAL NO SUL DA AMAZÔNIA .....</b>	<b>127</b>
<i>Charles Caioni</i>	
<i>Sheila Caioni</i>	
<i>Tiago Lisboa Parente</i>	
<b>CAPÍTULO 10 - TEMPERATURA DA SUPERFICIAL EM UM ANO DE SECA EXTREMA.....</b>	<b>140</b>
<i>Charles Caioni</i>	
<b>CAPÍTULO 11 - ESTIMATIVA DO BALANÇO HÍDRICO DA BACIA DO RIO TAPAJÓS, MATO GROSSO.....</b>	<b>152</b>
<i>Charles Caioni</i>	
<i>Antônio Carlos Silveiro da Silva</i>	
<i>Wesley Vicente Claudino</i>	
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>165</b>
<b>SOBRE A SÉRIE ESTUDOS ACADÊMICOS .....</b>	<b>167</b>

## APRESENTAÇÃO

*Geotecnologias: aplicações no campo interdisciplinar* é o segundo livro da série Estudos Acadêmicos. Os resultados aqui organizados são frutos de um esforço coletivo para disponibilizar textos científicos sobre as aplicações interdisciplinares proporcionadas pelos usos das geotecnologias. Nessa obra considerou-se o caráter interdisciplinar das geotecnologias e sua capacidade de integração com os mais variados campos dos saberes através da localização e do processamento de dados geográficos.

Atualmente muitas são as ciências que se beneficiam do seu uso através dos trabalhos de localização dos fenômenos e equacionamento e esclarecimento das condições espaciais. Suas aplicações geram conhecimentos necessários e apoiam processos nas tomadas de decisões na elaboração de políticas públicas para os mais variados setores da sociedade. Assim como na primeira coletânea publicada pela Editora Itacaiúnas, essa obra só foi possível devido o interesse e adesão dos autores que contribuíram com seus trabalhos para publicação e divulgação.

Neste livro são abordados diversos casos de aplicações das geotecnologias como ferramentas de análise e interpretação da realidade em diferentes ramos do conhecimento. Em maior ou menor escala, os trabalhos estão sempre apoiados pelo uso dos conceitos, métodos e técnicas que integram as discussões sobre as geotecnologias, muitos derivados das próprias aplicações no contexto brasileiro. As aplicações são variadas e oferecem contribuições para os campos teóricos e práticos da Geografia, Engenharia Ambiental, Ciências Ambientais, Biologia, Sociologia, Educação, Letras, Planejamento Urbano-Regional.

Em conjunto esses trabalhos nos mostram o caráter interdisciplinar das geotecnologias e suas variadas formas de aplicações. Os temas abordados neste livro incluem: a) Geopotencialidade piscícola para viveiros escavados no município de Cametá, Pará; b) Análise quantitativa da vegetação das áreas de preservação permanente do rio Castelo - trecho urbano do município de Castelo (ES); c) Estudo das áreas verdes do perímetro urbano de Muniz Freire (ES); d) Geotecnologias e saberes tradicionais aplicados à análise espaço-temporal; e) O uso das geotecnologias aplicadas aos estudos da relação entre geografia e literatura: o mapa geoliterário da cidade de Belém do Pará; f) Geoprocessamento aplicado ao uso e cobertura do solo: o caso da Cidade de Belém/PA; g) Geotecnologias aplicadas à identificação de ilhas de calor: o caso da

cidade de Belém/PA; h) Comportamento da radiação solar para os diferentes elementos da paisagem; i) A floresta contribui para a redução da temperatura superficial no sul da Amazônia; j) Temperatura superficial em um ano de seca extrema e l) Estimativa do balanço hídrico da bacia do rio Tapajós, Mato Grosso.

Nesse segundo volume da série Estudos Acadêmicos avançamos alguns passos em relação ao primeiro volume, que tratou das práticas de ensino de Geografia Física. Contamos agora com pesquisadores de outros países colaborando com nosso conselho editorial e maior adesão de pesquisadores de vários estados do Brasil, tornando nosso conselho cada vez mais heterogêneo. Em breve estaremos lançando a Revista Itacaiúnas para somar como possibilidade viável de publicação e divulgação de pesquisas científicas.

Esperamos que esse livro auxilie aos interessados nos usos e aplicações proporcionadas pelas geotecnologias. Que possamos nos beneficiar desse conhecimento prático, teórico e técnico operacional a fim de encontrarmos e apresentarmos soluções para nossa sociedade. Acreditamos que o desenvolvimento das pesquisas acadêmicas quando são realizadas a partir de abordagens interdisciplinares é capaz de proporcionar o substancial aumento da percepção analítica dos pesquisadores. E logo, o transitar das pesquisas a partir do diálogo entre os mais variados ramos da ciência ou do conhecimento.

Ananindeua-PA, 30 de dezembro de 2019.

Os organizadores

## CAPÍTULO 1

**GЕOPOTENCIALIDADE PISCÍCOLA PARA VIVEIROS  
ESCAVADOS NO MUNICÍPIO DE CAMETÁ, PARÁ***Yasmim Rodrigues Wanzeler**Welington Morais Ferreira*

**RESUMO:** Com a finalidade de fornecer dados que representem o potencial da atividade piscícola para o município de Cametá, é proposto um zoneamento geopotencial, que pode contribuir para elaboração de políticas públicas, tomadas de decisão pelo poder público e pelo produtor rural. Para subsidiar o presente estudo, foi realizada revisão bibliográfica e levantamento de dados referentes aos tipos de solos e declividade do município. Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento a fim de espacializar os critérios indicadores, para que os resultados pudessem ser apresentados em mapas temáticos. Todos os dados foram sistematizados, organizados e analisados a partir de SIG. Os resultados apresentaram cinco classes de geopotencialidade para a atividade piscícola e aponta as mais indicadas para a escavação de viveiros. Este estudo apresenta-se como contribuição para estudos de viabilidade da atividade piscícola no município de Cametá.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento; Baixo Tocantins; Mapeamento.

**INTRODUÇÃO**

O cultivo de peixes de água doce é uma das principais atividades aquícolas do Pará, presente em todos os seus municípios. O estado está inserido em um grupo que é pouco competitivo e necessita de maiores investimentos, mesmo com condições naturais privilegiadas para desenvolver a aquicultura (BRABO, 2014).

Em Cametá, município da região nordeste paraense, a piscicultura foi implantada nos anos 1990 em diversas propriedades de agricultura familiar, incentivada por Organizações Não Governamentais (ONG's), instituições e órgãos de fomento, como a Igreja Católica e a Associação Paraense de Apoio a Comunidades Carentes (APACC) (FURTADO, SANTOS e MARTINS, 2016).

Furtado, Santos e Martins (2016) apontaram que a piscicultura praticada no município é semi-intensiva e em viveiros escavados. Os autores verificaram que a baixa produtividade está ligada à falta de planejamento na construção dos viveiros e/ou à má escolha do local para sua implantação.

A topografia do terreno e a classe de solo são elementos essenciais a serem considerados durante o planejamento de um viveiro (SOUZA E MELO, 2004b). Ele deve ser construído, de preferência, através da escavação do solo aproveitando o máximo da topografia existente. Suas paredes devem apresentar inclinação máxima de 45° e ter suas bordas recobertas com gramíneas para atenuar os processos erosivos (FARIA et al., 2013).

A topografia é a definidora do volume do investimento financeiro. É quem determina o volume de terra a ser movimentado na construção das instalações. Condiciona ainda: o tipo, a forma, a superfície e até o número de viveiros possíveis de serem construídos. Faria et al. (2013), recomendam que a declividade ideal do terreno seja de até 3%, evitando grandes movimentações de terra nas construções dos viveiros.

A pedologia tem como objeto de estudo o solo, que apresenta características físicas, químicas, mineralógicas, morfológicas, etc., que o distingue dos outros elementos da natureza (QUEIROZ NETO, 1986). O tipo de solo mais apropriado para a construção de viveiros são os argilosos, com teor de argila entre 35% a 55% (SOUZA; MELO, 2004a). Acima dessa porcentagem é desaconselhável, pois além de ser mais difícil a escavação, também favorece o aparecimento de fissuras quando esvaziado.

Para descobrir os locais com potencial para implantações de viveiros escavados e contribuir para o planejamento da atividade no município de Cametá, considerando a topografia e a pedologia da área, utilizou-se as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto (SILVA E ZAIDAN, 2007; FITZ, 2008). Essas técnicas têm contribuído para diversos trabalhos de potencialidade da pesca e aquicultura (BARROSO; SOUSA, 2007; TEIXEIRA et al., 2012).

Mapas que indiquem potencialidades voltadas para a piscicultura tem recebido pouca atenção, pois esta modalidade específica se insere em mapas que tratam do potencial de uso da terra ou de Zoneamentos Agroecológicos (ZAE), a exemplo do ZAE do Município de Cametá (EMBRAPA, 2000). Outras atividades específicas como a silvicultura também não possuem muitos subsídios de potencialidade (ou vulnerabilidade) na literatura científica (SÁTIRO et al., 2013).

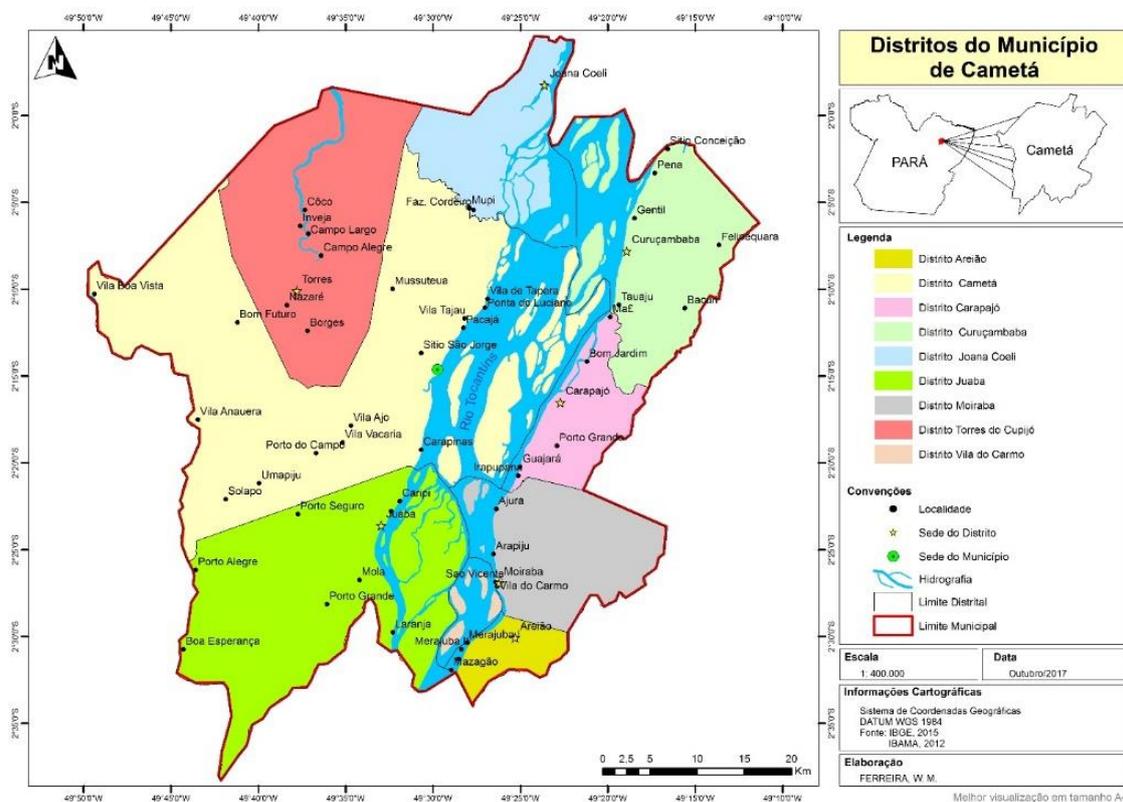
Este trabalho tem como objetivo geral fornecer dados que representem o potencial para a implementação da atividade piscícola no município de Cametá, fornecer subsídios na elaboração de políticas públicas, principalmente nas tomadas de decisão pelo poder público e pelo produtor rural, além de apresentar mapas temáticos de pedologia, declividade e geopotencialidade.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

O estudo foi realizado no município de Cametá, pertencente à Região de Integração Tocantins no estado do Pará, distante a 280 km de Belém, situando-se nas coordenadas geográficas de latitude 02° 14' 40" S e longitude 49° 29' 45" W (localização da sede do município). Limita-se a oeste pelo município de Oeiras do Pará, a leste pelo município de Igarapé Miri, ao sul pelo município de Baião e ao norte pelo município de Limoeiro do Ajuru. O município está dividido em 9 distritos administrativos de acordo com o IBGE (2015) (Figura 1). Abrange uma área de 3.079,98 km<sup>2</sup>, composta por 17,1% de terra firme, 20,3% de rios e baías, 36,4% de campos naturais e 26,2% de várzea.

**Figura 1 – Localização do município de Cametá e seus distritos administrativos.**



Fonte: Adaptado pelos autores a partir de dados do IBGE (2015); IBAMA (2012).

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para alcançar os objetivos do trabalho, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento a fim de espacializar os critérios indicadores, para que os resultados pudessem ser apresentados em mapas temáticos.

Todos os dados foram sistematizados, organizados e analisados a partir do SIG, utilizando o software ArcGIS 10.5, através do ArcMap, no Laboratório do Programa de Ordenamento Territorial e em Meio Ambiente (PROOTMA), do Campus Universitário do Tocantins/Cametá e em computador pessoal.

Os tipos de solos encontrados na área de estudo foram obtidos a partir do Levantamento de Reconhecimento de Alta Intensidade dos Solos do Município de Cametá, Estado do Pará, gerado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1999).

Após disponibilização da base de dados vetoriais em formato *shapefile* pela EMBRAPA (escala 1:100.000), foram gerados os *layouts* finais no ArcMap 10.5. As classes de solos dentro dos limites do município de Cametá foram representadas pelas siglas LAd1, LAd2 (correspondente ao Latossolo Amarelo), PVAd (correspondente ao Argissolo Vermelho Amarelo), FXbd1, FXbd2, FXbd3 (correspondente ao Plintossolo Háptico), ESg (correspondente ao Espodossolo Ferrocárbico) RQo (correspondente ao Neossolo Quartzarênico) e GXbd (correspondente ao Gleissolo Háptico). Para facilitar o entendimento, foram utilizados na construção dos mapas os nomes e não as siglas das classes dos solos. As classes de solos FXbd1 e FXbd3 foram agrupadas em uma única classe por terem textura arenosa/média e foram chamados de Plintossolo Háptico A, o FXbd2, de textura argilosa, chamado de Plintossolo Háptico B. As classes LAd1 e LAd2 foram agrupadas em uma única classe por terem textura média. Além disso, as cores das classes de solos foram codificadas e adaptadas para dar uma melhor visibilidade e melhor discernimento, pois algumas classes apresentavam tonalidades de cores muito próximas.

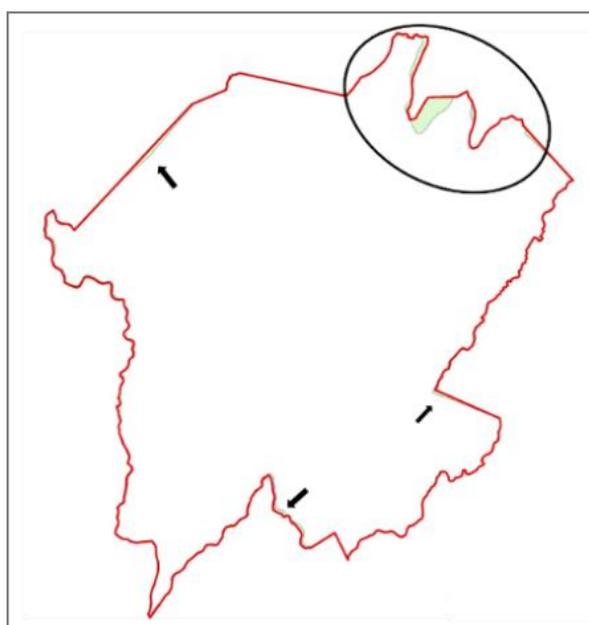
A EMBRAPA (1999) apresenta uma tabela para cada tipo de solo, contendo as características físicas e químicas gerais em cada horizonte e profundidade. Então, foi calculada a média dos valores percentuais de argila a partir do primeiro horizonte com profundidade 0m até o horizonte com profundidade próxima de 1m, considerando que os tipos de solos mais apropriados para a construção de viveiros são os que apresentam teores de argila entre 35% a 55% e que um viveiro deve ter profundidade média de 1 metro (SOUZA; MELO, 2004a). A tabela 1 apresenta as classes dos solos e as porcentagens de teores de argila encontradas em Cametá.

**Tabela 1 – Teores de argila em porcentagem em cada tipo de solo encontrado no município de Cametá.**

Classes de solos	% Argila
<b>Plintossolo Háplico B</b>	51
<b>Gleissolo Háplico</b>	32,5
<b>Argissolo Verm. Amarelo</b>	22,5
<b>Neossolo Quartzarênico</b>	15
<b>Latossolo Amarelo</b>	13
<b>Espodosolo Ferrocárbico</b>	8
<b>Plintossolo Háplico A</b>	7

Fonte: Embrapa (1999).

Os limites territoriais dos municípios brasileiros são oficialmente instituídos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Com isso, em análise visual foi identificado inconsistências em relação aos limites municipais apresentados no mapa de solo da EMBRAPA e os limites apresentados pelo IBGE, portanto, o mapa de solos da EMBRAPA foi recortado (utilizando a ferramenta *clip*), e após esse processo, foi observando que o produto resultante ainda apresentava áreas que não coincidiam com os limites propostos pela EMBRAPA (Figura 2).

**Figura 2 – Indicação das inconsistências geradas dos recortes em relação aos limites municipais apresentados no mapa de solo da EMBRAPA e os limites apresentados pelo IBGE.**

Fonte: Elaborado pelos autores

Em seguida, foi utilizada a ferramenta *erase* a fim de remover e calcular as áreas que apresentaram inconsistência em relação aos limites propostos pelo IBGE, totalizando 4.512,59 ha.

O mapeamento da declividade foi obtido a partir do Mapa de Declividade em Percentual do Relevo Brasileiro, disponível para *download* no site do Serviço Geológico do Brasil (LADEIRA e NETO, 2013). Fizemos o download da folha AS-22, correspondente ao município de Cametá, em formato raster (extensão *.tif*), DATUM WGS84. Posteriormente, a imagem foi vetorizada e reprojeta para o DATUM SIRGAS 2000, então foi recortada nos limites municipais e tornou-se possível observar as ocorrências das classes de declividade. A classificação da declividade adotada como referência foi a da EMBRAPA (1979), (Plano 0 a 3%, Suave ondulado 3 a 8%, Ondulado 8 a 20%, Forte ondulado 20 a 45%, Montanhoso 45 a 75% e Escarpado > 75%). A Tabela 2 mostra as classes que ocorrem no município, correspondente à sua área total, desconsiderando a hidrografia, que equivale a 530, 84 km<sup>2</sup>.

**Tabela 2 - Classes de declividade que ocorrem em Cametá, área em km<sup>2</sup> e porcentagem de área total do município.**

Classes de declividade	Área km <sup>2</sup>	%
<b>Plano 0-3%</b>	1.721,14	73,1
<b>Suave ondulado 3-8%</b>	784,02	25,5
<b>Ondulado 8-20%</b>	43,94	1,4
<b>Total</b>	2.549,1	100

Fonte: Embrapa (1979).

A partir destes dados, foram atribuídos, aos parâmetros pedologia e declividade, pesos e notas, onde se relacionou ambos para calcular a classe geopotencial. Para a pedologia foi atribuído o peso 75% e para a declividade, 25%, pois entende-se que o tipo de solo é o elemento fundamental e definidor da implantação da atividade.

As notas para os solos foram atribuídas de 1 a 10, decrescendo de acordo com a porcentagem de argila encontrada em cada solo. Quanto maior a proporção de argila, maior a nota atribuída. O mesmo acontece com a declividade, conforme observamos na Tabela 3. Para o cálculo das classes geopotenciais utilizou-se a seguinte equação:

$$CG = \frac{P_p \cdot N_p + P_d \cdot N_d}{100} \quad (1)$$

Onde:

CG= Classe Geopotencial;

P= Peso;

N= Nota;

p= pedologia;

d= declividade.

**Tabela 3 – Atribuição de peso e nota aos parâmetros pedologia e declividade**

<b>Parâmetros</b>	<b>Classes</b>	<b>Peso</b>	<b>%</b>	<b>Notas</b>
<b>Pedologia</b>	Plintossolo Háptico B		51	10
	Gleissolo Háptico		32,5	9
	Argissolo Vermelho Amarelo		22,5	7
	Neossolo Quazarênico	75%	15	5
	Latossolo Amarelo		13	3
	Espodossolo Ferrocárbico		8	2
	Plintossolo Háptico A		7	1
<b>Declividade</b>	Plana		0 – 3	10
	Suave Ondulada	25%	3 – 8	8
	Ondulada		8 – 10	6

Fonte: Elaborada pelos autores (2019)

As classes de geopotencialidade (CGs) foram determinadas a partir de intervalos de notas predefinidas, como mostra a tabela 4. Os produtos das análises dos parâmetros utilizados geraram resultados (Tabela 5), a partir das quais foi possível classificar, de acordo com a tabela 4.

**Tabela 4 – Intervalo para definição das classes de geopotencialidade.**

<b>Notas</b>	<b>Classes</b>
<b>0 - 3,99</b>	Muito Baixa
<b>4 - 5,99</b>	Baixa
<b>6 - 7,99</b>	Média
<b>8 - 8,99</b>	Alta
<b>&gt;9</b>	Muito alta

Fonte: Elaborada pelos autores (2019)

A Tabela 5 mostra os produtos obtidos e a classificação geopotencial para chegar aos resultados esperados e, para isso, fez-se uso de ferramentas em ambiente SIG no *ArcGIS 10.5*.

**Tabela 5 – Resultados e classes geopotenciais.**

<b>Interseção</b>	<b>Nota CG</b>	<b>Classe geopotencial</b>
Plintossolo Háplico B e D. Plana	10	Muito alta
Plintossolo Háplico B e D. Suave Ondulada	9,5	Muito alta
Plintossolo Háplico B e D. Ondulada	9	Muito alta
Gleissolo Háplico e D. Plana	9,25	Muito alta
Gleissolo Háplico e D. Suave Ondulada	8,75	Alta
Gleissolo Háplico e D. Ondulada	8,25	Alta
Argissolo Vermelho Amarelo e D. Plana	7,75	Média
Argissolo Vermelho Amarelo e D. Suave Ondulada	7,25	Média
Argissolo Vermelho Amarelo e D. Ondulada	6,75	Média
Neossolo Quarzarênico e D. Plana	6,25	Média
Neossolo Quarzarênico e D. Suave Ondulada	5,75	Baixa
Neossolo Quarzarênico e D. Ondulada	5,25	Baixa
Latossolo Amarelo e D. Plana	4,75	Baixa
Latossolo Amarelo e D. Suave Ondulada	4,25	Baixa
Latossolo Amarelo e D. Ondulada	3,75	Muito Baixa
Espodossolo Ferrocárbico e D. Plana	4	Baixa
Espodossolo Ferrocárbico e D. Suave Ondulada	3,5	Muito Baixa
Espodossolo Ferrocárbico e D. Ondulada	3	Muito Baixa
Plintossolo Háplico A e D. Plana	3,25	Muito Baixa
Plintossolo Háplico A e D. Suave Ondulada	2,75	Muito Baixa
Plintossolo Háplico A e D. Ondulada	2,25	Muito Baixa

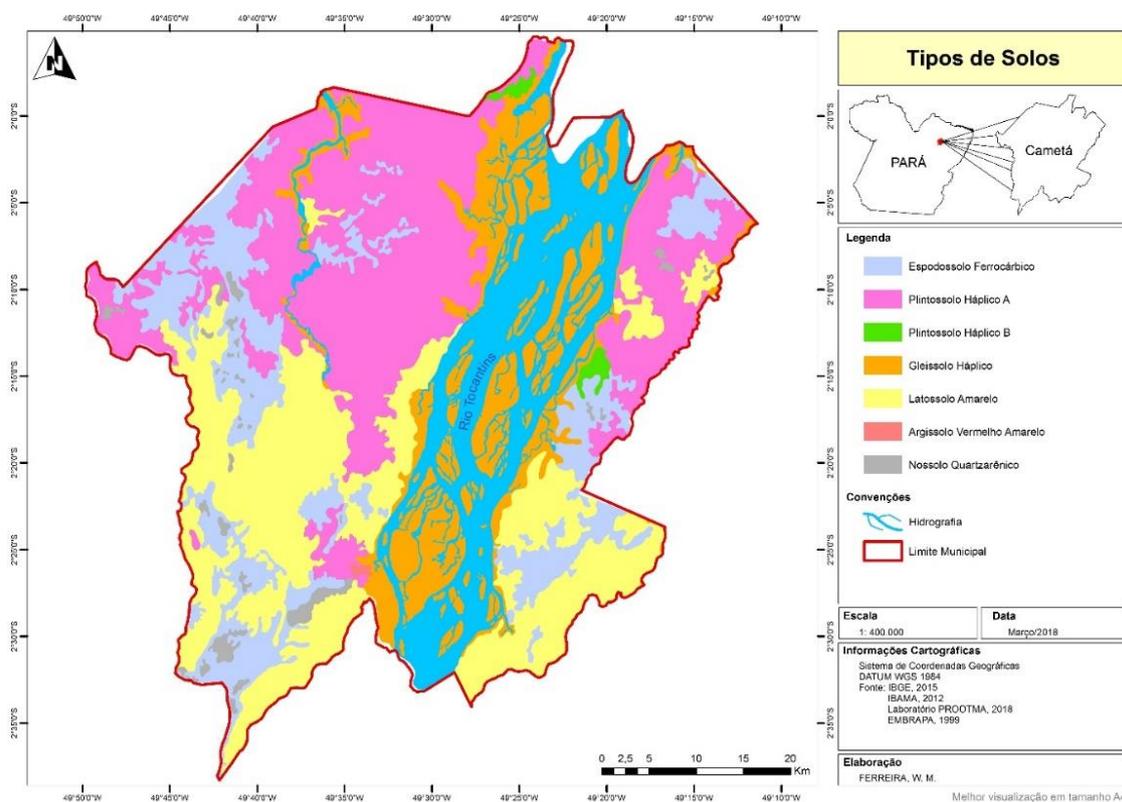
Fonte: Elaborada pelos autores (2019)

O agrupamento de classes e a elaboração do *layout* contendo a representação das CGs também foram feitos no mesmo *software*, obtendo, com isso, o mapa final de geopotencialidade para a piscicultura no município de Cametá. Todas as bases de dados, incluindo *shapefiles*, imagens em formato *raster* e mapas temáticos foram reprojatadas para o Datum *Sirgas 2000*, para que fosse possível calcular a geometria de área.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta a grande diversidade em relação aos tipos de solos encontrados na área de estudo, com total de 7 classes, conforme escala de mapeamento adotada (1:400.000).

Figura 3 – Tipos de solos ocorrentes no município de Cametá, PA.



Fonte: Embrapa (1999).

As porcentagens de argila, mineral considerado um dos parâmetros fundamentais para a definição da geopotencialidade, apresenta teores diferentes para cada tipo de solo encontrado na área de estudo. Entre os solos encontrados, os Plintossolos são os mais expressivos, abrangendo 96.658,00 ha, o que representa 31,06% da área total do município. De acordo com a caracterização da Embrapa (1999), são solos mal drenados, de textura que varia de siltosa a muito argilosa. Ocorrem o Plintossolo Háplico A, de textura arenosa média (7% de argila) e o Plintossolo Háplico B, proeminentemente textura argilosa (51%). Considerando tais características, para o presente estudo, os solos classificados como Plintossolo Háplico B, por terem alto teor de argila e relevo plano, são os de maior potencial para a escavação de viveiros na área de estudo.

A textura do Gleissolo Háplico é muito argilosa, embora superficialmente, até a profundidade de 15 cm, apresenta textura média (EMBRAPA, 1999). Ocorre em maior concentração nas áreas centrais do município, nas várzeas e ilhas, e seu teor de argila é de 32,5%, apresentando potencial alto para a escavação de viveiros.

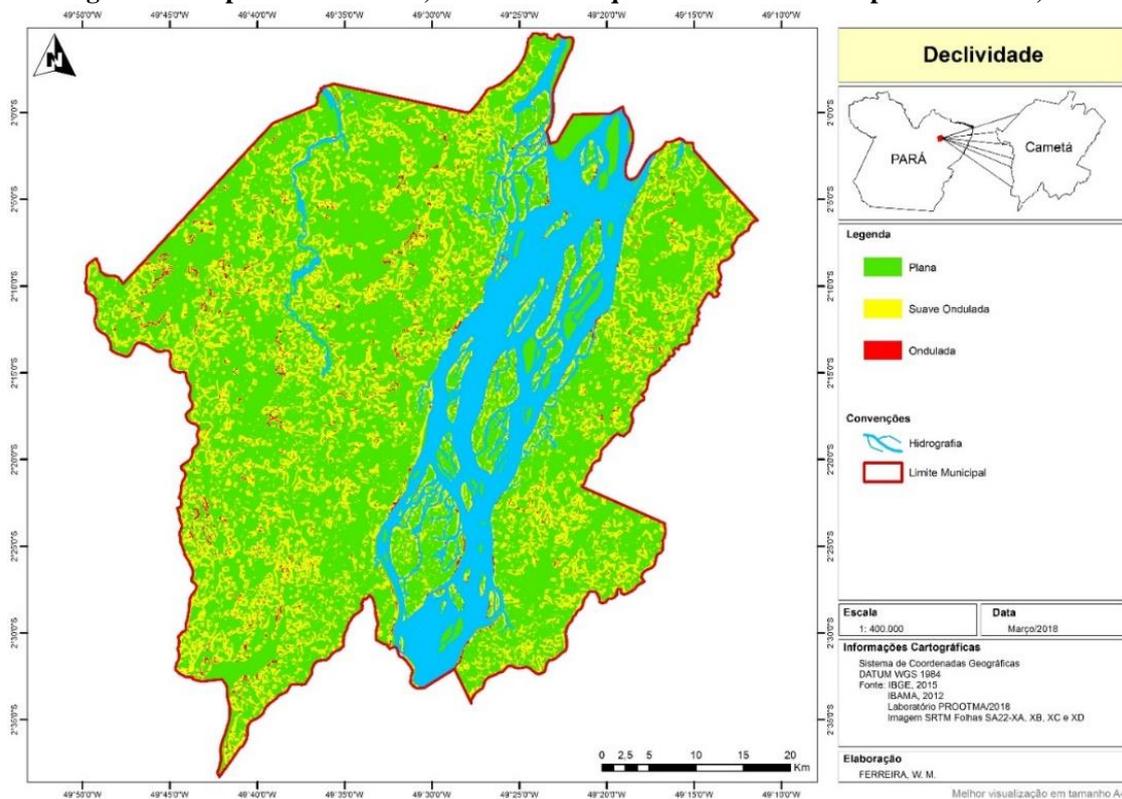
O Argissolo Vermelho Amarelo apresenta textura média/argilosa, com teor de argila de 22,5%. Se escolhido para implantação da atividade piscícola, seu relevo suave ondulado requer cuidados e medidas de modo a evitar problemas de perda de solo por erosão hídrica superficial.

O Neossolo Quartzarênico, segundo classifica Embrapa (1999), são solos de textura arenosa, muito permeáveis, quase que sem estrutura, procedentes da deposição de sedimentos areno-quartzosos. Assim como o Espodosolo Ferrocárbico, em que há predominância da fração areia, e em menores quantidades os teores de silte e argila. Não são indicados para qualquer atividade agropecuária, devendo ser recomendado para preservação ambiental, o que justifica seu potencial muito baixo para desenvolver a atividade de piscicultura.

O Latossolo Amarelo representa a segunda maior classe encontrada na região (23,09%), com maior concentração na região sul do município. Apesar de apresentar baixa susceptibilidade à erosão e ocorrer em áreas de topografia suave, seu baixo teor de argila (13%) o inviabiliza para a escavação de viveiros.

A Figura 4 apresenta as classes de declividade encontradas na área de estudo, conforme escala de mapeamento adotada (1:400.000).

**Figura 4 – Mapa de declividade, com as classes que ocorrem no município de Cametá, PA.**

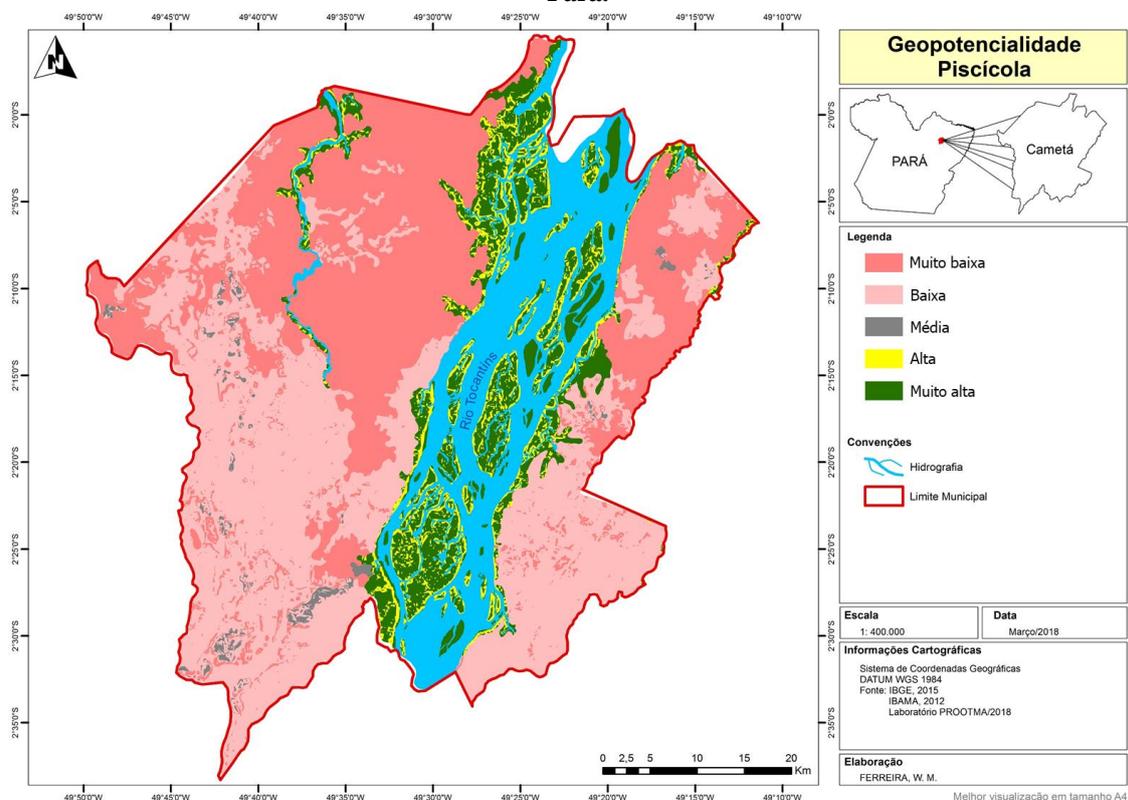


Fonte: Embrapa, 1979.

Com a utilização de cálculos geométricos em ambiente SIG, foi possível observar um total de 2.251,98 km<sup>2</sup> de área com declividade entre 0% e 3%, classificada como Plana, pela Embrapa (1979) e que possui maior ocorrência em todo o município (73% da área total).

Constatou-se outras duas classes de declividade, Suave Ondulada e Ondulada, com 25,5% e 1,4% do total da área do município, respectivamente. O mapa das Classes Geopotenciais, produto da metodologia de relação entre os parâmetros pedologia e declividade, é apresentado na Figura 5.

**Figura 5 – Mapa de Geopotencialidade Piscícola para viveiros escavados no município de Cametá, Pará.**



Fonte: Elaborado pelos autores.

Cinco Classes de Geopotencialidade para a atividade piscícola foram encontradas, sendo elas: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

A classe muito baixa é constituída por solos muito arenosos, quase sem estrutura. Localiza-se, predominantemente, ao norte do município, abrangendo os distritos de Torres do Cupijó, parte do distrito de Joana Coeli, distrito Sede (Cametá) e Curuçambaba. Não há ocorrência no distrito de Vila do Carmo. Ocupa uma área de 978,41 km<sup>2</sup> do total do município. Apesar de ocorrer declividade plana na maior parte

da área, não é indicada para escavação de viveiros, pois a falta de estrutura dos solos não contribuirá para a sustentação da construção por não suportar compactação.

A classe baixa abrange grande parte da região sul do município, presente em sua maioria nos distritos de Cametá, Juaba e Areião. Ocupa a maior parte do território municipal, com cerca de 1.091 km<sup>2</sup> e também não é indicado para atividade por conta do baixo teor de argila dos solos concernentes à esta classe, apesar de apresentar baixa susceptibilidade à erosão e ocorrer em áreas de topografia suave.

A classe média ocorre em algumas áreas isoladas no município, estando presente nos distritos de Cametá, Carapajó, Curuçambaba e Juaba, ocupando uma área total de 27,13 km<sup>2</sup>. Apresenta pouco suporte à compactação pelo baixo teor de argila. A escolha de investimento em áreas desta classe exige uma cuidadosa análise técnica.

As classes alta e muito alta são as mais indicadas para a escavação de viveiros. Constituídas por solos de classe média a argilosa, apresenta longos trechos com declividade plana e suporta ótima compactação. Estão concentradas nas ilhas, às margens de rios e igarapés, indo de um extremo ao outro do território municipal, estando presente em todos os distritos.

A atividade é praticada no município tanto em ambientes de várzea como de terra firme, ambas passíveis de licenciamento ambiental.

A Lei Municipal de Cametá N° 112, de 15 de dezembro de 2008 enquadra a piscicultura em sistema semi-intensiva no grau poluidor I (sistema predominante no Município conforme SILVA JUNIOR, 2016 e FURTADO, SANTOS, MARTINS, 2016). De acordo com a Resolução COEMA n° 107, de 8 de março de 2013, atividades de baixo potencial poluidor/degradador ou baixo impacto ambiental são passíveis de Dispensa de Licenciamento Ambiental (DLA), exceto atividades que incidam em área de preservação permanente e demais áreas legalmente protegidas, o que é o caso das áreas com potencialidade Boa e Excelente, por conta de sua localização em áreas de preservação permanente, previstas pelo Código Florestal Brasileiro, art. 4º, devendo ser solicitado o licenciamento ambiental regular junto ao órgão ambiental competente.

Já a Instrução Normativa n° 004 de 10 de maio de 2013 define que a DLA é destinada a atividades aquícolas de pequeno porte, com área menor ou igual a 3 hectares para piscicultura em viveiros escavados. Em Cametá, viveiros de propriedades familiares alcançam uma média de 0,16 ha de área (FURTADO, SANTOS, MARTINS, 2016), podendo, assim, solicitar a DLA. De acordo com a IN n° 09/2008, os empreendimentos dispensados do processo de licenciamento ambiental são obrigados à

inscrição no CAR e apresentação do Relatório de Informações Ambientais, devidamente preenchido e assinado.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A presença da atividade piscícola no município de Cametá despertou o presente estudo, com o intuito de descobrir o potencial da área quanto à escavação de viveiros para a criação de peixes que, dentre diversos fatores, necessita de solo com textura adequada e declividade plana. As técnicas de geoprocessamento foram ferramentas essenciais para o presente estudo pois são viáveis para áreas muito extensas como o município de Cametá e oferecem baixo custo e relativa facilidade de acesso e uso.

Os resultados mostram que a geopotencialidade alta e muito alta estão localizadas de um extremo ao outro da parte central do município, às margens do rio Tocantins e seus afluentes, oferecendo disponibilidade de água, elemento muito importante para o sucesso da atividade. O licenciamento é outro fator que não pode ser ignorado. Ele visa regularizar a atividade.

A localização das áreas geopotenciais alta e muito alta podem coincidir com áreas de preservação permanente e demais áreas legalmente protegidas, devendo ser solicitado o licenciamento ambiental regular junto ao órgão ambiental competente, de acordo com a Instrução Normativa nº 004 de 10 de maio de 2013, Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade – SEMAS/PA.

Portanto, os objetivos foram alcançados, pois o estudo fornece dados que não se tinha na região, para uma atividade nova, recente e que merece subsídios técnico-científicos para que seja adequadamente implementada. O próximo passo é trabalhar os dados para oferecer ao produtor de forma didática, de fácil acesso e entendimento, que consiga utilizar quando for planejar a escavação de seu viveiro ou que possa avaliar os viveiros que já possui. O poder público também poderá utilizar para o planejamento socioambiental do município, pois representa uma ferramenta nas tomadas de decisão, no planejamento de políticas, programas e regularização ambiental.

Este estudo geopotencial apresenta-se como uma proposta metodológica para estudos de viabilidade da atividade piscícola, através da identificação das áreas potenciais para construção de viveiros, que pode ser adaptado para outras áreas.

Importante ressaltar que, para o pleno desenvolvimento da atividade, é necessário que os outros fatores inerentes sejam considerados como, por exemplo, a obtenção de alevinos, controle da qualidade da água e escoamento da produção.

## REFERÊNCIAS

BARROSO, H. G.; SOUSA, A de P. **Áreas Potenciais para a Aqüicultura Sustentável na Bacia do Rio Itapecuru: Bases para o Planejamento com Uso do Sistema de Informação Geográfica**. São Luís: Rev. Bras. Enga. Pesca, 2007.

BRABO, M. F. **Piscicultura no Estado do Pará: situação atual e perspectivas**. Acta Fish, Aquat. Res., 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Zoneamento Agroecológico da Amazônia Legal**. Brasília. 2004. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm#>>. Acessado em 01 mar. 2018.

CAMETÁ. **Lei Nº 112, de 15 de dezembro de 2008**. Dispõe sobre a regulamentação do Título VI, Capítulo III - Proteção Ambiental, artigos 173 a 182 da Lei Orgânica municipal.

COELHO JUNIOR, J. M.; ROLIM NETO, F. C.; ANDRADE, J. S. O. **Topografia Geral**. Recife: Editora UFRPE, 2014. 199p.

EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos do município de Cametá Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. **Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979.

FARIA, R. H. S. de; MORAIS, M.; SORANNA, M. R. G. de S.; SALLUM, W. B. **Manual de Criação de Peixes em Viveiros**. Brasília: Codevasf, 2013.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

FURTADO, Y. R.; SANTOS, C. F. dos; MARTINS, P. F. da S.; **Caracterização da Piscicultura em Estabelecimentos Agrícolas no Município de Cametá, Pa**. Belém: VIII Encontro Amazônico de Agrárias Recursos Hídricos: *Uso sustentável e sua importância na agropecuária*. Universidade Federal Rural da Amazônia, 2016.

LADEIRA NETO, J. F. **Mapa de declividade em percentual do relevo brasileiro**. RJ: CPRM, 2010: Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1481&sid=9>>. Acesso em: 05 set. 2017.

PARÁ. Instrução Normativa nº 004 de 10 de maio de 2013. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades aquícolas no Estado do Pará e dá outras providências. **Secretaria do Estado de Meio Ambiente**. Belém, PA, 10 mai. 2013. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

PARÁ. Instrução Normativa nº 009 de 16 de maio de 2008. Estabelece a obrigatoriedade do Cadastro Ambiental Rural – CAR nos procedimentos de licenciamento e regularização ambiental dos imóveis rurais e atividades agrossilvipastoris, localizadas em zona rural. **PLENÁRIO DO CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – COEMA**. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

PARÁ. Instrução Normativa nº 107 de 10 de maio de 2013. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades aquícolas no Estado do Pará e dá outras providências. **Secretaria do Estado de Meio Ambiente**. Belém, PA, 10 mai. 2013. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

QUEIROZ NETO, J. P. **Pedologia**: conceito, método e aplicações. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 3, p. 95 – 102, 1986.

SÁTIRO, T. P. de O.; SIMÕES, S. J. C.; AUTOMARE, G. B.; BERNARDES, G de P.; SOARES, P. V.; TRAININ, I. C, de B.; DIAS, J. F. **Metodologia para a Elaboração de Mapa de Potencialidade para a Silvicultura com Base em Álgebra de Mapas - A Porção Paulista da Bacia do Rio Paraíba do Sul, Brasil**. Geociências, 2013.

SILVA JUNIOR, W. A. da; **A várzea está para peixe**: Viabilidade socioeconômica da piscicultura praticada na Bacia do Aricurá, Cametá, Pará. 2016. Dissertação (Mestrado em Agricultura Familiar e Desenvolvimento Sustentável) – Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Pará, Belém.

SILVA, J. X. da; ZAIDAN, R. T. **Geoprocessamento e Análise Ambiental: Aplicações - 2ª Ed.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

SOUZA, R. A. L. de; MELO, J. S. C. de. **Terreno**. In: SOUZA, R. A. L. (Org.). Piscicultura Sustentável na Amazônia. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2004a. 158p.

SOUZA, R. A. L. de; MELO, J. S. C. de. **Tanques e Viveiros**. In: SOUZA, R. A. L. (Org.). Piscicultura Sustentável na Amazônia. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2004b. 158p.

TEIXEIRA, J. B.; LIMA, A. C.; BOECHAT, F. P.; RODRIGUES, R. L.; FREITAS, R. R. **Potencialidade social e econômica da pesca e maricultura no Estado do Espírito Santo, Brasil**. Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management 12(4):569-575, dez. 2012.

## CAPÍTULO 2

**ANÁLISE QUANTITATIVA DA VEGETAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO RIO CASTELO-TRECHO URBANO DO MUNICÍPIO DE CASTELO (ES)***Caio Henrique Ungarato Fiorese**Vinícius Rocha Leite*

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi estimar e mapear a cobertura vegetal das áreas de preservação permanente (APPs) do Rio Castelo, no trecho urbano do município de Castelo (ES), como forma de subsidiar melhorias. Os procedimentos ocorreram no programa ArcGIS®. O GEOBASES/ES e o Instituto Jones dos Santos Neves forneceram imagens aéreas da cidade nos mapeamentos realizados nos anos 2007-2008 e 2012-2015 em alta resolução e feição da área urbana. A vegetação, após a delimitação da APP, foi identificada por meio de fotointerpretação na escala 1:1000, sendo quantificada e mapeada. Os percentuais de vegetação para os anos de 2007-2008 e 2012-2015 foram, respectivamente, 34,08% e 30,14% (redução em torno de 4%), disposta sob fragmentos e indivíduos isolados, evidenciando o não cumprimento adequado à legislação. A atuação do poder público local através da ampliação da cobertura vegetal e planejamento urbano adequado são propostas relevantes.

**Palavras-chave:** Geotecnologias; Legislação Ambiental; Qualidade Ambiental; Recursos Hídricos; Urbanização.

**INTRODUÇÃO**

No Brasil, o processo histórico de ocupação do território se baseou na substituição da cobertura florestal nativa por atividades antrópicas para diversas finalidades, frequentemente norteadas na exploração excessiva dos recursos naturais, desconsiderando sua importância ambiental e a sustentabilidade. Tal processo foi responsável por vários problemas ambientais, como a significativa redução da qualidade dos solos e a intensificação da erosão hídrica, associados à diminuição da disponibilidade quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos (COUTINHO et al., 2013).

As margens dos rios são, de maneira geral, inteiramente ocupadas e urbanizadas. Tendo em vista a dimensão do desafio de renaturalizar as margens dos rios urbanos, deve-se então repensar o regime de proteção das mesmas. Muitas soluções de

regularização fundiária e renovação urbanística têm sido aprovadas desconsiderando a intocabilidade das APPs e assim, desrespeitando a lei de proteção da vegetação nativa (CASTRO; MAY; GARCIA, 2018).

Áreas de Preservação Permanente (APP) correspondem à vegetação que delimita as margens de um curso hídrico e possuem a função principal de protegê-lo de possíveis intervenções que possam ser prejudiciais à qualidade do meio, garantindo a conservação da biodiversidade e manutenção do ecossistema. No Brasil, a preocupação com as APPs somente veio a acontecer com a aplicação da Lei 4.771/65, voltando a ser reforçada em 2012 com o Novo Código Florestal Brasileiro, com a Lei 12.651/12 (BORGES; QUEIROZ, 2017).

Tampouco se defende a liberação do uso de todas as APPs, que prestam serviços ecossistêmicos essenciais. Uma das funções primordiais dessas áreas é a proteção da biodiversidade. Em muitas áreas urbanas, as florestas de galeria representam preciosos remanescentes da cobertura vegetal nativa original e os únicos corredores ecológicos para as espécies da flora e da fauna. Assim, APPs em bom estado de conservação – em conjunto com outros remanescentes de vegetação nativa – em regra devem permanecer livres do uso humano, para atuarem como áreas de refúgio da vida silvestre. Há de ser lembrado que os perímetros urbanos e suas áreas de influência assumem extensões cada vez maiores. Portanto, proteger estes refúgios é essencial para garantir a continuidade dos ecossistemas. Também é necessário lembrar que as APPs têm função ecológica fundamental na proteção dos recursos hídricos, especialmente as nascentes e as margens de rios (ARAUJO; GANEM, 2016). Dada sua característica de restrições de uso, estas áreas visam garantir a integridade dos remanescentes florestais e, por conseguinte, a manutenção de serviços ambientais (PIASENTIN; GÓIS, 2016).

A pressão que as APP's vêm sofrendo é muito grande e isso tem feito com que muitas dessas áreas sofram com a degradação antrópica e ficam apenas o prejuízo ao meio ambiente como, cursos d'água perenes se tornando intermitentes, corredores ecológicos interrompidos, erosão às margens de rios e córregos, supressão à fauna causando extinção de espécies, prejuízo no processo de seqüestro de carbono que é um dos maiores indicadores ecológico ao tratar de aquecimento global. (MESQUITA et al., 2010). A ocupação irregular de áreas de preservação permanente no meio urbano é um tema que merece atenção especial porque indica as fragilidades do sistema de proteção a esses espaços (VARGAS, 2008). Ao avaliar o cumprimento da legislação no que tange a preservação das matas ciliares, visando atender o que fora proposto para APPs,

pretende-se avaliar as alterações na paisagem devidas a ações naturais e/ou antrópicas, buscando as possíveis causas e efeitos dessas alterações (GIROTTI; BOZZINI, 2016).

As técnicas de geoprocessamento são essenciais para a obtenção dos mapas relacionados à distribuição da vegetação e da degradação das APPs, auxiliando de base para o cumprimento do código florestal brasileiro, principalmente no que se refere às áreas de APPs e para futuros planejamentos em um município (DONATO; MAGRI, 2017). Os chamados Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são suportes tecnológicos do planejamento ambiental e podem agregar agilidade, precisão e facilidade de visualização aos estudos, avaliações e simulações realizadas. O ganho em precisão e velocidade é de imensa importância para o planejador, que pode, através da utilização dos SIGs, automatizar e aumentar a eficiência de tarefas rotineiras, monótonas e consumidoras de tempo (MARANDOLA-JUNIOR; MELLO, 2012).

Considerando a relevância da temática e, com base em técnicas de geoprocessamento, o objetivo deste trabalho foi mapear e quantificar a cobertura florestal da APP do rio Castelo, em seu trecho urbano no município de Castelo (ES), como forma de subsidiar melhorias quanto ao planejamento urbano e ambiental e à qualidade de vida local.

## **METODOLOGIA**

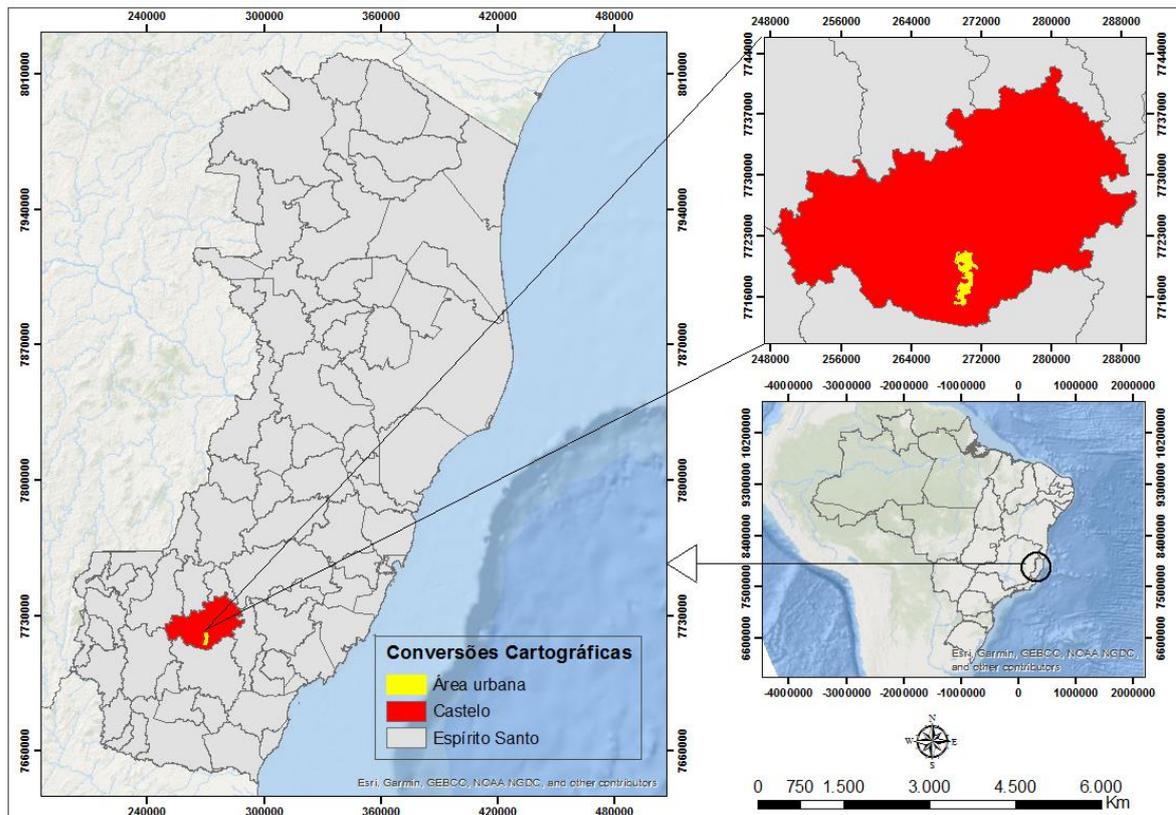
Este trabalho considerou como local de estudo as áreas de preservação permanente do rio Castelo, em seu trecho localizado no município de Castelo (ES), na mesorregião Sul do Estado do Espírito Santo. A sede localiza-se a uma latitude 20° 36' 13" sul e a uma longitude 41° 11' 05" oeste, estando a uma altitude de 100 metros. Possui a agropecuária como a base econômica, tendo a cafeicultura como a principal atividade agrícola (INCAPER, 2010). A população urbana do município é de 21817 habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). A Figura 1 e a Figura 2 apresentam, respectivamente, o Rio Castelo com a presença de construções antrópicas muito próximas e a localização da área estudada.

**Figura 1 – Rio Castelo (ao fundo, nota-se presença de construções muito próximas ao curso hídrico)**



Fonte: Os Autores (2019).

**Figura 2 – Localização do município de Castelo e de sua zona urbana**



Fonte: Os Autores (2019).

Os procedimentos foram executados no programa computacional ArcGIS®, sendo que a base de dados digitais foi adquirida no Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES) e Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN).

No portal eletrônico do IJSN, foram adquiridas feições referentes às áreas urbanas do Estado do Espírito Santo. Elas foram, posteriormente, adicionadas em layout do programa. A delimitação da área urbana do município de Castelo ocorreu por meio das ferramentas de edição de arquivos do programa. O GEOBASES forneceu imagens aéreas da área estudada referente aos anos de 2007-2008 e 2012-2015, com, respectivamente, resolução de 1 m e 0,25 m. Por meio de observações das imagens aéreas, foi traçado o Rio Castelo em seu trecho localizado na zona urbana do município, através da criação de um novo arquivo para, posteriormente, delimitar sua APP. A definição da largura da APP é feita com base no Novo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), conforme as dimensões do manancial estudado. Conforme a legislação, o município de Castelo possui dimensões predominantemente compreendidas de 10 m a 50 m e, portanto, a largura de sua APP é igual a 50 m. A delimitação da APP, no layout do programa, ocorreu com auxílio da ferramenta “buffer”.

De posse das imagens aéreas adquiridas no GEOBASES, a vegetação contida na APP foi identificada por meio de fointerpretação das feições na escala 1:1000. Foram coletadas amostras de vegetação, considerando um número mínimo de 150. Com isso, foi possível mapear a vegetação da APP por meio da criação de um novo arquivo em formato “raster” e pela posterior plotagem de dois mapas temáticos, permitindo a realização das análises espaciais da vegetação. Para o estudo quantitativo, foi quantificada a área ocupada pela vegetação, em metros quadrados (m<sup>2</sup>) e porcentagem (%) em relação à área total da APP, com auxílio da tabela de atributos do arquivo gerado. Os resultados foram interpretados conforme a literatura considerada, comparando-os, quando possível, aos dados obtidos em pesquisas similares.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As APPs do trecho urbano do Rio Castelo no município estudado correspondem a área de 1.220.201,12 m<sup>2</sup>, ou seja, abrangem 19,31% da zona urbana total. A Tabela 1 apresenta os valores de área da vegetação do trecho de APP estudado.

**Tabela 1 – Área, em metros quadrados e porcentagem, da vegetação da APP**

Área	Mapeamento 2007-2008	Mapeamento 2012-2015
Área (m <sup>2</sup> )	415.484,54 m <sup>2</sup>	367.768,62 m <sup>2</sup>
Área (%)	34,08%	30,14%

Fonte: Os Autores (2019).

Portanto, houve uma queda de aproximadamente 4% da vegetação no período analisado, correspondendo, também a uma redução de 47.715,92 m<sup>2</sup>. A redução da vegetação também é um problema vivido por outros segmentos urbanos de APP, como na cidade de Mimoso do Sul/ES (FIORESE; LEITE; LOPES, 2019) e em Moeda/MG (GUIMARÃES; CARVALHO, 2013). Fiorese (2019), em estudos acerca do trecho de APP do Rio Castelo, na cidade de Conceição do Castelo (ES), verificou um decréscimo de 7,084% da vegetação, valor este superior ao trecho analisado neste trabalho. Ainda segundo Fiorese (2019), essa redução pode ser atribuída ao crescimento das áreas construídas, indicando uma informação preocupante quanto à integridade da mata ciliar.

Todavia, em estudo similar, Fiorese (2019) estimou percentuais de vegetação iguais a 51,691% e 44,607% para os mapeamentos 2007-2008 e 2012-2015 no trecho de APP do Rio Castelo na cidade de Conceição do Castelo. Isso indica que a ação antrópica, para o segmento de APP estudado, exerceu fortemente influência por meio da redução drástica da vegetação.

As atividades antrópicas, o grande crescimento demográfico e econômico dos países está devastando o meio ambiente de forma acelerada. Com isso, a diversidade biológica vem sendo fortemente diminuída por meio da extinção, à medida que os habitats são destruídos (ROSA, 2011). O decréscimo da vegetação, conforme visto na APP do Rio Castelo, é fruto do crescimento urbano de forma desordenada, o que acarreta uma série de consequências ao meio natural e antrópico e constitui um motivo de preocupação quanto à qualidade ambiental e de vida na cidade.

As APPs foram criadas no intuito de proteger o ambiente natural, significando que não são áreas para alteração no uso da terra, devendo estar cobertas com vegetação

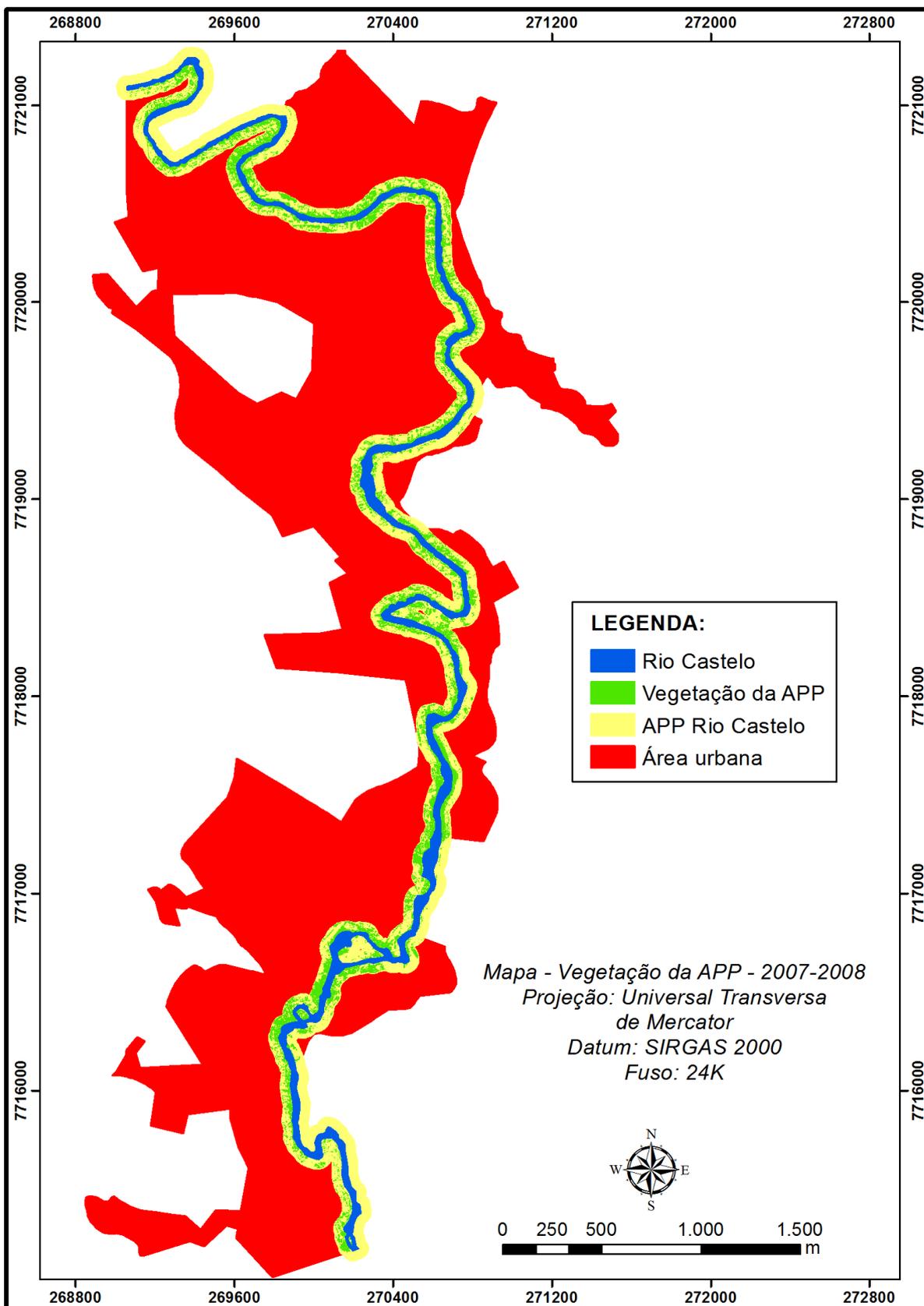
nativa (COSTA; SOUZA; BRITES, 1996). No entanto, de acordo com a baixa quantidade de área ocupada pela vegetação, nota-se que a legislação no trecho de APP estudado não está sendo cumprida e, com isso, várias funções pertinentes à vegetação ciliar não estão sendo exercidas devidamente. Costa, Souza e Brites (1996) abordam algumas funções importantes como, por exemplo, atenuação dos processos erosivos, regularização do fluxo hídrico, redução do assoreamento dos cursos d'água e benéficos à fauna.

O desenvolvimento das APPs possui o objetivo sustentável e o desenvolvimento local socialmente justo, ambientalmente equilibrado e economicamente viável, visando garantir qualidade de vida para as gerações presentes e futuras (SANTOS, 2011). Para obter tal benefício, Guimarães e Carvalho (2013) propõem medidas como incentivo a investimentos em educação ambiental e a implementação de um sistema de fiscalização eficaz.

Diante da relevância das APP's e, com os baixos percentuais de vegetação obtidos para o Rio Castelo atrelados à sua redução, há necessidade de ampliação da cobertura vegetal em locais onde é possível, a fim de melhorar a qualidade ambiental e de vida da cidade de Castelo. Essa ação, além de outras possíveis, como a educação ambiental e fiscalização, devem ser realizadas através da iniciativa do poder público local juntamente com a adesão da população local.

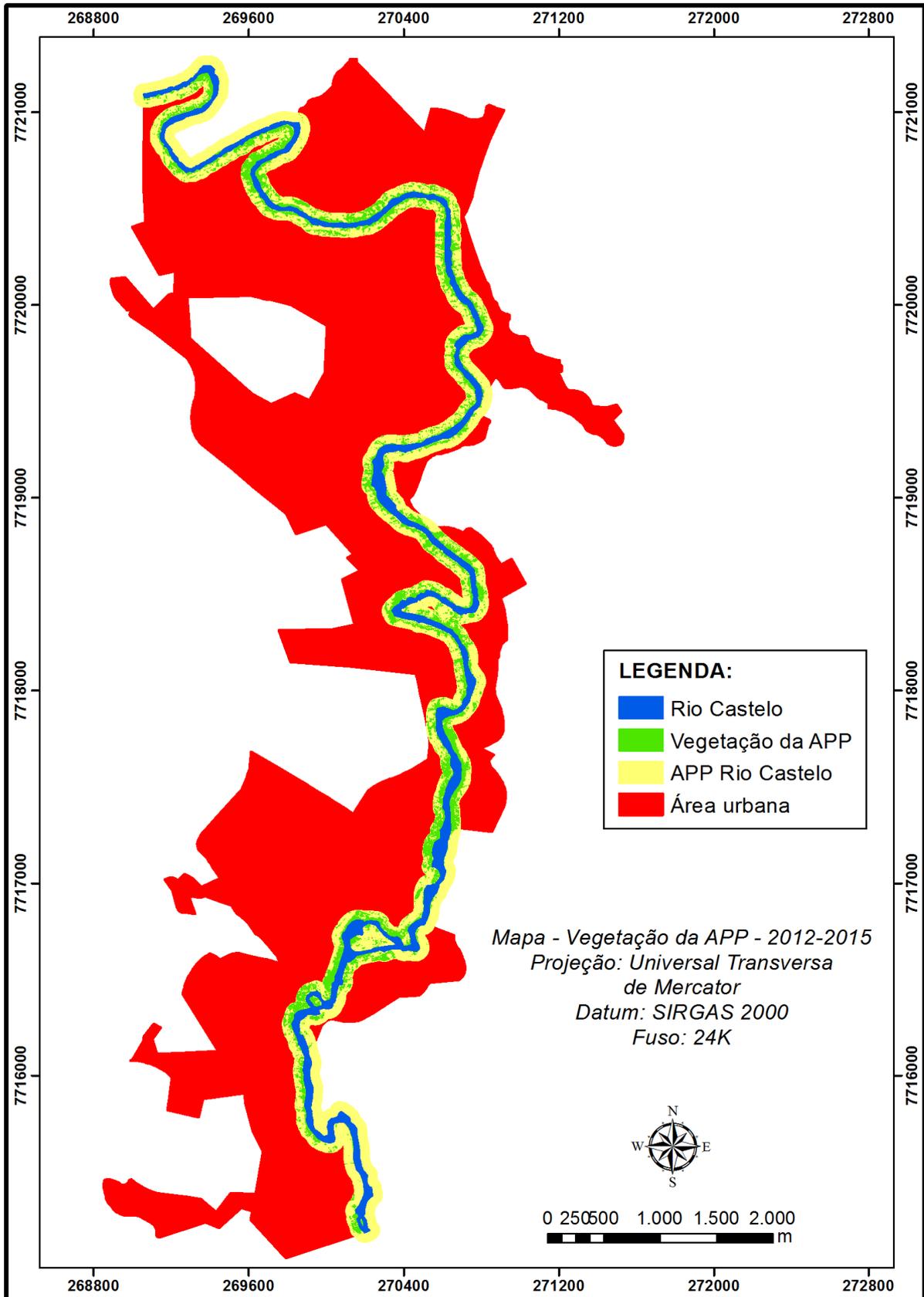
A Figura 3 e a Figura 4 apresentam o mapeamento da vegetação das APPs do trecho analisado para os mapeamentos dos anos 2007-2008 e 2012-2015, respectivamente.

Figura 3 – Vegetação da APP no mapeamento 2007-2008



Fonte: Os Autores (2019).

Figura 4 – Vegetação da APP no mapeamento 2012-2015



Fonte: Os Autores (2019).

A vegetação, em ambos os mapas, esteve disposta sob a forma de indivíduos arbóreos isolados, ao passo que houve trechos de APP totalmente desprovidos de vegetação. Isso significa, portanto, um fator negativo diante das funções exercidas por esses espaços, quando devidamente protegidos. Esse problema também foi visualizado por Fiorese, Leite e Lopes (2019), em estudos acerca da vegetação contida nas APPs dos cursos hídricos da área urbana de Mimoso do Sul (ES).

A fragmentação da vegetação das APPs pode ser atribuída ao crescimento desordenado do município de Castelo. Várias cidades brasileiras, como Castelo (ES), apresentam ocupações urbanas em áreas que deveriam ser protegidas, provocando impactos negativos na qualidade de vida da população, bem como nos atributos de preservação do meio ambiente (REIS; TEIXEIRA, 2019). Com isso, a ausência de vegetação nesses trechos, além de provocar danos ao Rio Castelo, prejudica a qualidade de vida local e agrava fenômenos de ocorrência periódica, como as enchentes e inundações.

A carência de planejamento e de políticas públicas, destinadas a proporcionar moradia digna a todas as pessoas, assim como a ausência de uma estrutura administrativa eficiente de fiscalização, permitem a ocupação das margens de cursos hídricos por loteamentos clandestinos ou irregulares, em áreas urbanas (VARGAS, 2008). Diante dessa situação, é importante que a humanidade tenha a capacidade de se relacionar com o meio ambiente de uma forma harmônica, buscando nessa relação respeitar o ambiente em que vive e os ciclos que o mesmo necessita para o seu desenvolvimento. Isso só é possível através da mobilização de conhecimentos no sentido de buscar o maior equilíbrio entre o homem e meio ambiente (LIMA; ALMEIDA, 2014). Portanto, para o trecho de APP analisado, se faz importante a atuação do poder público local quanto à execução de ações de mitigação e atenuação dos impactos ambientais sobre a vegetação ciliar.

Nesse contexto, Fiorese et al. (2019) propõem a execução de atividades de educação ambiental alidada à ampliação da cobertura vegetal nativa nas APPs. Medidas estas que, para a área urbana do município de Castelo, seriam fundamentais para tornar mais possível as devidas funções exercidas pela vegetação ciliar, juntamente com a ação do poder público.

Para que as conseqüências da fragmentação sejam minimizadas e o retorno de funções ecológicas, os fragmentos arbóreos precisam, quando possível, ser conectados, facilitando o fluxo de organismos, sementes e grãos de pólen (PAULA; SAIS;

OLIVEIRA, 2018). Além de melhorar a qualidade de vida, a ampliação da cobertura vegetal da APP estudada funcionaria como um “corredor ecológico”, possibilitando grandes benefícios para a fauna e flora, cumprindo, portanto, uma função ecológica fundamental quanto à melhoria da qualidade ambiental da cidade como um todo.

## CONCLUSÃO

A vegetação do segmento de APP estudado apresentou percentuais baixos, tendo também apresentado redução no período considerado, evidenciando a forte ação antrópica nesses espaços. O mapeamento da vegetação permitiu observar que a mesma está disposta sob a forma de fragmentos e indivíduos arbóreos isolados, constituindo um grave problema ecológico e quanto à qualidade de vida da cidade. Com isso, algumas das funções pertinentes à APP dos cursos hídricos em áreas urbanas não estão sendo devidamente exercidas. A legislação, dessa forma, não está sendo devidamente cumprida na área estudada, indicando a necessidade de ações do poder público no que diz respeito à ampliação da cobertura vegetal, trabalhos de educação ambiental com a população local e um planejamento urbano capaz de conciliar a preservação do Rio Castelo com o desenvolvimento da cidade.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho faz parte do projeto “Inventário da arborização urbana em Castelo e Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo: medidas de planejamento ambiental e urbano”, subsidiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Espírito Santo - FAPES.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, S. M. V. G. de.; GANEM, R. S. A nova lei florestal e a questão urbana. In: SILVA, A. P. M. da.; SAMBUICHI, R. H. R. (Org.). **Mudanças no código florestal brasileiro: desafios para a implementação da nova lei**. Rio de Janeiro: IPEA, 2016. 359 p.

BORGES, F. O.; QUEIROZ, P. S. Avaliação das áreas de preservação permanente da bacia do Córrego Olhos D’água, Uberlândia/MG, segundo a legislação concernente. In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia Física. **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e**

**I Congresso Nacional de Geografia Física.** Campinas: Instituto de Geociências da Unicamp, 2017. p. 6785-6795.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Brasília, DF, 2012.

CASTRO, S. L. I.; MAY, L. R.; GARCIAS, C. M. Meio ambiente e cidades – áreas de preservação permanente (APPS) marginais urbanas na lei federal nº. 12.651/12. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 3, p. 1340-1349, jul./set. 2018.

COUTINHO, L. M. et al. Usos da Terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na Bacia do Rio da Prata, Castelo-ES. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 425-434, out./dez. 2013.

COSTA, T. C. e C. da.; SOUZA, M. G. de.; BRITES, R. S. Delimitação e caracterização de áreas de preservação permanente, por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.** Salvador: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1996. p. 121-127.

DONATO, L. de P.; MAGRI, R. A. F. Uso e ocupação das áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do Córrego Limão, Passos-MG. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.14, n.25; p. 78-91, 2017.

FIGLIARELLI, C. H. U. Comportamento temporal do uso de solo das áreas de preservação permanente do Rio Castelo – trecho urbano do município de Conceição do Castelo, ES. In: V Congresso Brasileiro de Reflorestamento Ambiental. **Anais do V Congresso Brasileiro de Reflorestamento Ambiental.** Vitória: CEDAGRO, 2018.

FIGLIARELLI, C. H. U.; LEITE, V. R.; LOPES, T. da S. Uso da terra e cobertura vegetal remanescente em áreas de preservação permanente dos cursos hídricos da zona urbana do município de Mimoso do Sul (ES). **Agrarian Academy**, Goiânia, v. 6, n. 11, p. 327-339, 2019.

FIGLIARELLI, C. H. U. et al. Estudo da cobertura vegetal nativa das áreas de preservação permanente dos cursos hídricos da microbacia do Córrego Paraíso, em Muniz Freire/ES. **Tree Dimensional**, Goiânia, v. 4, n. 7, p. 46-55, 2019.

GEOBASES. **IEMA – mapeamento ES – 2012-2015.** Disponível em: <<https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>>. Acesso em: 8 jul. 2019.

GIROTTI, M. M.; BOZZINI, A. C. Área de preservação permanente (APP) e impactos da expansão urbana do município de São José do Rio Pardo, SP. In: XIII Congresso Nacional de Meio Ambiente. **Anais do XIII Congresso Nacional de Meio Ambiente.** Poços de Caldas, 2016.

GUIMARÃES, F. S.; CARVALHO, G. A. Determinação de áreas de preservação permanente no município de Moeda - MG, utilizando bases de diferentes escalas topográficas. **Caderno de Geografia**, v. 23, n. 39, p. 22-43, 2013

IJSN – Instituto Jones dos Santos Neves. **Shapefiles**. Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/>>. Acesso em: 8 jul. 2019.

INCAPER. **Programa de assistência técnica e extensão rural PROATER 2011-2013**: Castelo. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Caparao/ Castelo.pdf>>. Acesso em: 8 jul. 2019.

LIMA, A. M. de.; ALMEIDA, L. de. Identificação de arbóreas da área de preservação permanente na cidade de Cáceres-MT. **Revista Eletrônica História, Natureza e Espaço**, v. 3, n. 1, 2014.

MARANDOLA-JUNIOR. E.; MELLO, L. F. Mapeamento Comunitário, Percepção e Representação do Espaço: metodologias para diagnóstico e gestão ambiental. In: SILVA, C. A. (Org.). **Geografia e Natureza: experiências e abordagens de pesquisas**. Dourados: Ed. UFGD, 2012. 256 p.

MESQUITA, R. A. S. et al. **A importância das áreas de preservação permanente (APP's)**. 2010. Disponível em: <[http://ge.catolica-to.edu.br/portal/portal/downloads/docs\\_gestaoambiental/projetos2010-1/3-periodo/A\\_importancia\\_das\\_areas\\_de\\_preservacao\\_permanete.pdf](http://ge.catolica-to.edu.br/portal/portal/downloads/docs_gestaoambiental/projetos2010-1/3-periodo/A_importancia_das_areas_de_preservacao_permanete.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2019.

PAULA, R. P. de.; SAIS, A. C.; OLIVEIRA, R. E. de. Conectividade de fragmentos de vegetação nativa e áreas de preservação permanente de imóveis rurais familiares em uma microbacia hidrográfica na Amazônia matogrossense. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 2, p. 1-10, dez. 2018.

PIASENTIN, F. B.; GÓIS, S. L. L. Conservação de remanescentes florestais no Brasil: considerações sobre os principais instrumentos de gestão ambiental. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 36, p. 115-134, abr. 2016.

REIS, D. M.; TEIXEIRA, T. L. **Ocupação urbana em áreas de preservação permanente**: estudo da convergência entre legislações municipais e federais no município de Vitória-ES. 2012. Disponível em: <<http://lpp.ufes.br/ocupa%C3%A7%C3%A3o-urbana-em-%C3%A1reas-de-preserva%C3%A7%C3%A3o-permanente-estudo-da-converg%C3%Aancia-entre-legisla%C3%A7%C3%B5es>>. Acesso em: 16 jul. 2019.

ROSA, M. D. A relevância ambiental das áreas de preservação permanente e sua fundamentação jurídica. **Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, Macapá, n. 3, p. 83-95, 2011.

SANTOS, L. C. **Estudo sobre a área de preservação permanente da cidade de São João del Rei**. 2011. 30 p. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Presidente Antônio Carlos, Barbacena, 2011.

VARGAS, H. L. Ocupação irregular de APP urbana: um estudo da percepção social acerca do conflito de interesses que se estabelece na lagoa do Prato Raso, em Feira de Santana, Bahia. **Sitientibus**, Feira de Santana, n. 39, p.7-36, jul./dez. 2008.

## CAPÍTULO 3

**ESTUDO DAS ÁREAS VERDES DO PERÍMETRO URBANO DE  
MUNIZ FREIRE (ES)***Caio Henrique Ungarato Fiorese**Gabriel Adão Zechini da Silva**Vinícius Rocha Leite*

**RESUMO:** Auxiliado por geotecnologias, o objetivo foi estudar as áreas verdes urbanas de Muniz Freire (ES) como forma de subsidiar melhorias locais. Os procedimentos foram feitos no ArcGIS®. No GEOBASES, foram adquiridas imagens aéreas de 2008 e 2012, em alta resolução. As áreas verdes foram divididas em: arborização; faixa verde (gramíneas); canteiros centrais e rotatórias; praças e parques. Foram estimados: Índice de Áreas Verdes Totais (IAVT) e Índice de Áreas Verdes Recreativas (IAVR). Embora tenha apresentado decréscimo, há predominância de arborização (60%), seguido da faixa verde (32%). A faixa verde apresentou um crescimento considerável, sendo importante na composição das áreas verdes. Em 2008 e 2012, os valores do IAVT foram iguais a, respectivamente, 40,79 m<sup>2</sup>/hab e 37,05 m<sup>2</sup>/hab, estando acima do mínimo. Mas o IAVR obtido foi de 0,28 m<sup>2</sup>/hab, ou seja, muito baixo. A arborização e a faixa verde estão dispostas pontualmente em calçadas, quintais e terrenos não edificadas. É preciso ampliar e criar novas áreas recreativas, além de educação ambiental.

**Palavras-chave:** Qualidade de Vida; Sistemas de Informações Geográficas; Sustentabilidade Urbana; Urbanização.

**INTRODUÇÃO**

Desde a década de 1970, as cidades brasileiras têm sofrido transformações intensas. A busca pela compreensão da diversidade dos aspectos do espaço urbano, relacionados às suas dimensões socioambientais, tornou-se uma preocupação cada vez mais presente no planejamento e na gestão urbana. Os temas relacionados à qualidade ambiental das áreas urbanas vêm sendo debatidos por muitos pesquisadores nas áreas técnicas e científicas. A vegetação intraurbana ganhou destaque nos últimos anos em virtude das funções que esta pode exercer na melhoria das condições urbanas (BARGOS; MATIAS, 2011).

A qualidade de vida urbana está fortemente ligada a diversos fatores abrangidos na infraestrutura, no desenvolvimento econômico-social e aos associados à questão ambiental. Para o ambiente, os espaços verdes são elementos fundamentais para o bem

estar humano, pois influencia diretamente a saúde física e mental da população (LOBODA; DE ANGELIS, 2005). A presença de árvores nas cidades é essencial na estrutura e dinâmica da paisagem urbana que, por seus atributos, colaboram para melhoria da qualidade de vida humana e ambiental nas cidades. Além do mais, certifica a melhoria da qualidade de vida da população e qualidade ambiental nas cidades, seja no âmbito social, ecológico e paisagístico. Exerce benefícios importantes ao meio urbano, ao melhorar as condições atmosféricas e o balanço hídrico e desempenhar o equilíbrio edáfico e microclimático. Serve também como atrativo para avifauna e bem-estar psicológico da população. (LIMA NETO, 2011).

As áreas verdes urbanas assumiram um papel de destaque para a manutenção e melhoria da qualidade ambiental urbana. Elas interferem diretamente na qualidade de vida dos seres humanos contribuindo para a amenização dos problemas de um processo de urbanização acelerado e que se deu, na maioria das vezes, sem um planejamento adequado que levou a um aumento da poluição atmosférica e das águas, das alterações no microclima, das inundações, da falta de espaços livres públicos e de vegetação, dentre uma gama de danos que possuem escalas que vão do local ao regional (BARGOS; MATIAS, 2011). Estudos mostram que a vegetação urbana é um importante indutor de qualidade ambiental e de vida nas cidades por suas funções ecológicas, estéticas, conforto térmico com aumento da umidade do ar e redução da temperatura e de lazer (MARTELLI; CARDOSO, 2018).

O maior problema da vegetação é quando ela está inserida em áreas urbanas. A degradação antrópica que recebe é praticamente inevitável, pois, mesmo que protejam a área com vigilantes e cercas para evitar a invasão de populares quando se fala em áreas protegidas, a área estará sempre sujeita a modificações adversas provenientes de ações antrópicas, justamente por estar inserida em locais com forte adensamento populacional (LUNAS, RIBAS, 2013). Além destas áreas, a vegetação contida em áreas de preservação permanente e em praças e calçadas também estão sujeitas a essas modificações. A supressão do ambiente natural pelo artificial potencializa os problemas relacionados às questões socioeconômicas e ambientais, potencializadas pela falta de planejamento urbano. A fim de minimizar o dano ambiental, a existência e a promoção de áreas verdes influenciam na qualidade ambiental das urbes e na qualidade vida dos habitantes (SCHEUER, 2016).

Como forma de verificar as condições ambientais de uma cidade, o estudo do verde urbano pode ser utilizado como parâmetro em análises quali-quantitativas. O uso

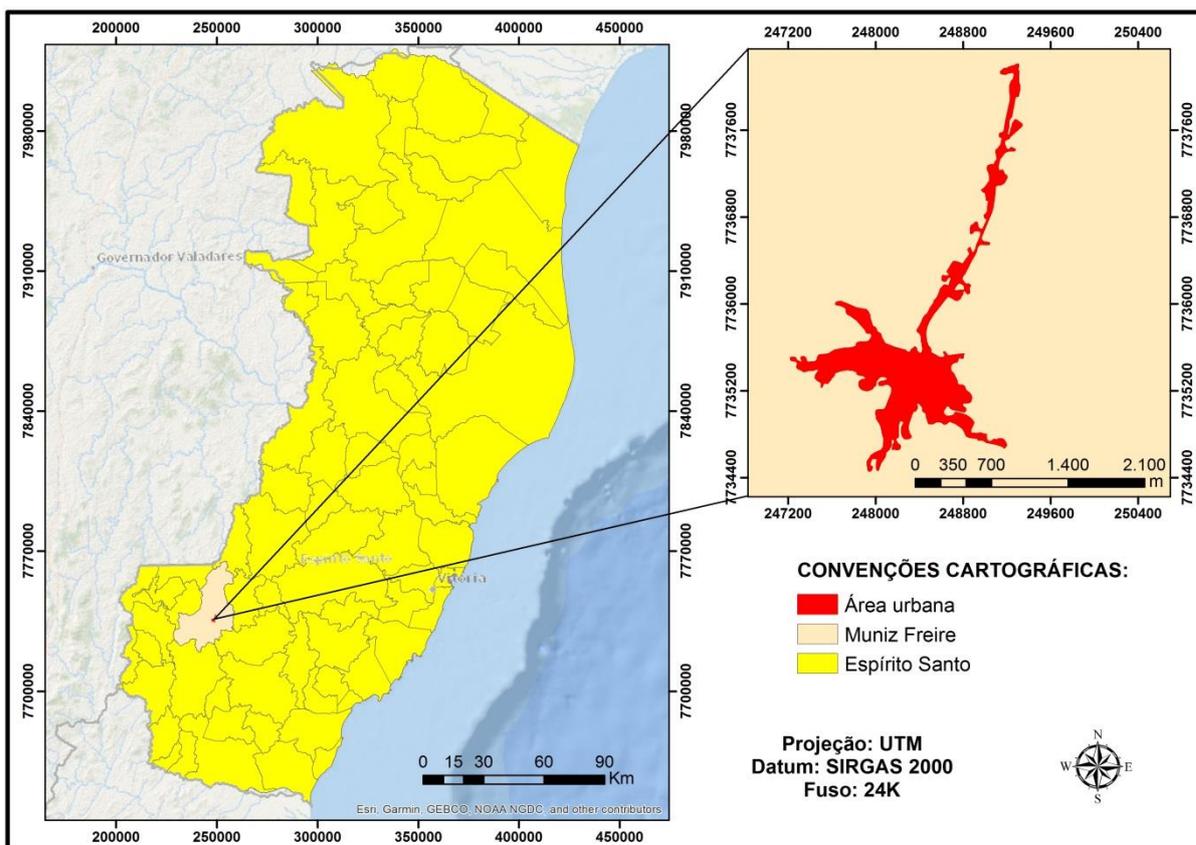
da vegetação como referência de análise permite mensurar a qualidade ambiental urbana, já que promove uma série de benefícios ao ser humano, extrapolando questões estéticas ou sentimentais (PANCHER; ÁVILA, 2012). De acordo com Panquestor e Rigueti (2008), o estudo da percepção dos problemas ambientais das áreas verdes dos centros urbanos é fundamental para que se possa compreender melhor as interrelações entre o homem e o ambiente e aferir até que ponto os alunos que atingem esse nível de ensino tem a noção da importância dos espaços verdes.

A mensuração de variáveis através de fotografias aéreas ainda é uma atividade inexplorada na arborização viária e tem-se mostrado de grande potencialidade em outras medições realizadas no ambiente urbano. A utilização conjunta de dados mensurados nos inventários tradicionais com as informações provenientes do processamento digital das imagens em ambiente SIG, quando aplicados, diminui os custos obtidos nos inventários convencionais, pois a aferição através de imagens pode ser de maneira rápida (LIMA NETO, 2011).

Através da importância da temática e, auxiliado por geotecnologias, o objetivo desta pesquisa foi mapear e estimar as áreas verdes do perímetro urbano de Muniz Freire, estado do Espírito Santo, com vistas a subsidiar melhorias quanto à qualidade de vida local.

## **METODOLOGIA**

O local de estudo compreendeu a área urbana do município de Muniz Freire, que está localizado na mesorregião Sul do Estado do Espírito Santo, no território Sul Caparaó. Com uma área de 1.035.873,38 m<sup>2</sup>, localiza-se na latitude sul de 20°27'5'' e na longitude oeste de Greenwich de 41°24'42'' e possui clima temperado seco. As principais atividades econômicas locais são a agricultura (principalmente o cultivo de café), a pecuária e o pequeno comércio (INCAPER, 2010). A Figura 1 apresenta a localização de Muniz Freire e de sua área urbana.

**Figura 1 – Localização do município de Muniz Freire de sua zona urbana.**

Fonte: Os Autores (2019).

Os procedimentos ocorreram no programa computacional ArcGIS®, sendo que a base de dados digitais foi adquirida no Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo (GEOBASES) e Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). No GEOBASES, foram adquiridas feições acerca dos municípios do Estado do Espírito Santo e imagens aéreas referentes à zona urbana de Muniz Freire (ES), acerca do mapeamento dos anos 2012-2015, com resolução espacial de 1 m e 0,25 m, respectivamente. Portanto, apresentaram elevada resolução, auxiliando nos procedimentos posteriores. No sítio eletrônico do IJSN, foram adquiridos os dados referentes à área urbana do município, que auxiliou nos procedimentos posteriores.

De posse do banco de dados, foi possível descrever e caracterizar as classes de áreas verdes para o município de Muniz Freire, conforme a literatura pesquisada. O Quadro 1 apresenta a descrição e as classes.

**Quadro 1 – Descrição das classes de áreas verdes urbanas**

CLASSE	DESCRIÇÃO
Área arborizada	Espaços públicos e particulares que contenham vegetação nativa ou exótica, excetuando-se a arborização de praças e parques urbanos
Faixa de verde	Constituída por gramados e formações (campos de futebol e de golfe, por exemplo), com ausência de arbustos e árvores
Praças	Apresentam função recreacional, podendo abrigar equipamentos como bancos, mesas, academias, etc.
Canteiros centrais e rotatórias	Áreas que não possuem caráter conservacionista nem recreacionista, cumprindo, portanto, função ornamental

Fonte: Adaptado de Loboda e De Angelis (2005).

As classes de áreas verdes foram identificadas através da fotointerpretação na escala 1:900. Para auxiliar na interpretação dos resultados, as classes foram mapeadas e quantificadas, em porcentagem (%) e metros quadrados (m<sup>2</sup>). Posteriormente, foram estimados o Índice de Áreas Verdes Totais (IAVT) e o Índice de Áreas Verdes Recreativas (IAVR), em metro quadrado por habitante (m<sup>2</sup>/hab), com base na metodologia empregada por vários autores, como Harder, Ribeiro e Tavares (2006) e Pirovani et al. (2012), a partir das equações (1) e (2):

$$IAVT = \sum \frac{AV}{N} \quad (1)$$

$$IAVR = \sum \frac{AR}{N} \quad (2)$$

Em que: AV = total de áreas verdes urbanas (em m<sup>2</sup>); AR = áreas verdes recreativas (em m<sup>2</sup>); N = número de habitantes da cidade de Muqui. O número de habitantes foi consultado no sítio eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), considerando como referência o censo demográfico do ano de 2010.

Os resultados obtidos para o IAVT e IAVR foram avaliados com base nos números mínimos de áreas verdes por habitante recomendados pela Organização

Mundial da Saúde (OMS) e Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU), além de comparação com trabalhos similares encontrados na literatura.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As classes de áreas verdes do perímetro urbano de Muniz Freire nos anos de 2008 e 2012 somaram, respectivamente, 353.691,65 m<sup>2</sup> e 321.219,08 m<sup>2</sup>. Em ambos os anos, a arborização foi a classe mais dominante, com mais de 60%, seguido da faixa de verde. As praças e parques urbanos, todavia, abrangeram um percentual inferior a 1%, ao passo que os canteiros centrais e rotatórias perfizeram um percentual inferior a 0,04%. As Tabelas 1 e 2 mostram os dados quantitativos de áreas verdes para, respectivamente, os anos de 2008 e 2012.

**Tabela 1 – Informações quantitativas das áreas verdes referente ao ano de 2008.**

CLASSES	ÁREA (m <sup>2</sup> )	ÁREA (%)
Arborização	235.164,54	66,49
Faixa verde	116.014,69	32,80
Praças e parques urbanos	2.441,64	0,69
Canteiros centrais e rotatórias	70,78	0,02
Total	353.691,65	100

Fonte: Os Autores (2019).

**Tabela 2 – Informações quantitativas das áreas verdes referente ao ano de 2012.**

CLASSES	ÁREA (m <sup>2</sup> )	ÁREA (%)
Arborização	195.346,95	60,81
Faixa verde	123.359,71	38,40
Praças e parques urbanos	2.441,64	0,76
Canteiros centrais e rotatórias	70,78	0,03
Total	321.219,08	100

Fonte: Os Autores (2019).

A maior representatividade da arborização também foi visualizada em trabalhos semelhantes, como os de Fiorese e Silva Filho (2019), que estimaram valores de área de arborização muito maiores em comparação aos de faixa verde. Segundo os mesmos autores, a arborização das cidades é de grande relevância devido à manutenção de vários benefícios relacionados à qualidade de vida urbana. Alguns desses benefícios estão

relacionados, por exemplo, ao microclima, à redução da poluição do ar, ao fornecimento de sombra em períodos de forte incidência solar e na minimização das ilhas de calor (SABADINI JUNIOR, 2017). Embora a área urbana de Muniz Freire seja considerada de porte pequeno, a presença da arborização local é de grande importância para amenizar tais fenômenos.

Todavia, no período analisado, houve uma redução significativa da arborização local. Isso significa um fator negativo em termos ambientais. Um dos agravantes da redução da arborização é o aumento de riscos de alagamentos. Devido à maioria das ruas, calçadas, quintais e espaços abertos estarem asfaltados ou cimentados, as águas das chuvas escorrem para ralos, bocas de lobos rapidamente. Nos lugares mais altos, logo secam, mas, em lugares mais baixos, formam alagados (PINTO; LABADESSA, 2016). Próximos a cursos hídricos e encostas, a ausência de árvores favorece o deslizamento de terras, culminando em prejuízos econômicos e ambientais, em várias vezes, severos.

Os gramados, que constituem a “faixa verde”, apresentaram um aumento no período considerado e possuem elevada representatividade na composição das áreas verdes da cidade de Muniz Freire. Esse aumento foi considerado satisfatório diante das funções ambientais que essa classe exerce. Além de atenderem propósitos funcionais e de promoverem ambientes agradáveis, confortáveis e seguros para vários usos, os gramados desempenham também papéis ambientais relevantes (SOUZA, 2019; SOCIEDADE INTERNACIONAL DE ARBORICULTURA, 2019). De acordo com Casler (2006), os gramados contribuem para haver temperaturas mais amenas em áreas urbanizadas, reduzir a poluição ambiental e aumentar a infiltração de água do solo.

As praças e parques urbanos de Muniz Freire, porém, representou um percentual muito inferior, o que é considerado um problema diante das funções pertinentes a esses espaços. Fiorese e Siva Filho (2019) relatam que as praças e parques, independente de seu número, são de extrema relevância em qualquer cidade.

Elas fazem parte do cenário da maioria das cidades brasileiras, constituindo importantes áreas para o lazer da população, além da sua importância paisagística, cultural e ambiental. A presença significativa da população nesses espaços, principalmente nos finais de semana e nas primeiras horas da manhã e durante o entardecer, ressalta a importância de grandes áreas verdes urbanas destinadas à prática de esportes e atividades físicas, diversão, interação e convívio social (FLACH; BERDETE, 2016). Portanto, a baixa representatividade de praças e parques significa um

motivo de preocupação quanto às opções de lazer e recreação para a população de Muniz Freire, embora a cidade seja de pequeno porte.

Os canteiros centrais e as rotatórias, embora presentes na cidade, cumprem maior função ornamental, não possuindo, assim, grandes funções ambientais como exerce a arborização, por exemplo. A Tabela 3 mostra os valores do Índice de Áreas Verdes Urbanas Totais (IAVT) e Índice de Áreas Verdes Recreativas (IAVR).

**Tabela 3 – Índice de áreas verdes urbanas e áreas verdes recreativas**

<b>ÍNDICES</b>	<b>2008</b>	<b>2012</b>
Índice de Áreas Verdes Totais	40,79 m <sup>2</sup> /hab	37,05 m <sup>2</sup> /hab
Índice de Áreas Verdes Recreativas	0,28 m <sup>2</sup> /hab	0,28 m <sup>2</sup> /hab

Fonte: Os Autores (2019).

O valor do IAVT, em ambos os anos, foi superior ao mínimo estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU), que são de, respectivamente, 12 m<sup>2</sup>/hab e 15 m<sup>2</sup>/hab. Com isso, os valores foram considerados satisfatórios, ou seja, atendem bem aos requisitos de qualidade de vida urbana independentemente da função de cada classe de áreas verdes.

A manutenção de uma adequada relação entre área verde e população torna-se importante, pois as áreas verdes minimizam os efeitos da excessiva impermeabilização e regulam o microclima, amenizando as altas temperaturas produzidas pela concentração de áreas edificadas ou pavimentadas (OLIVEIRA FILHO et al., 2013). A boa proporção entre áreas verdes totais e população favorece a qualidade de vida para o município de Muniz Freire, sendo importante também em termos ambientais e ecológicos, como, por exemplo, a sobrevivência de pássaros que circulam pela cidade.

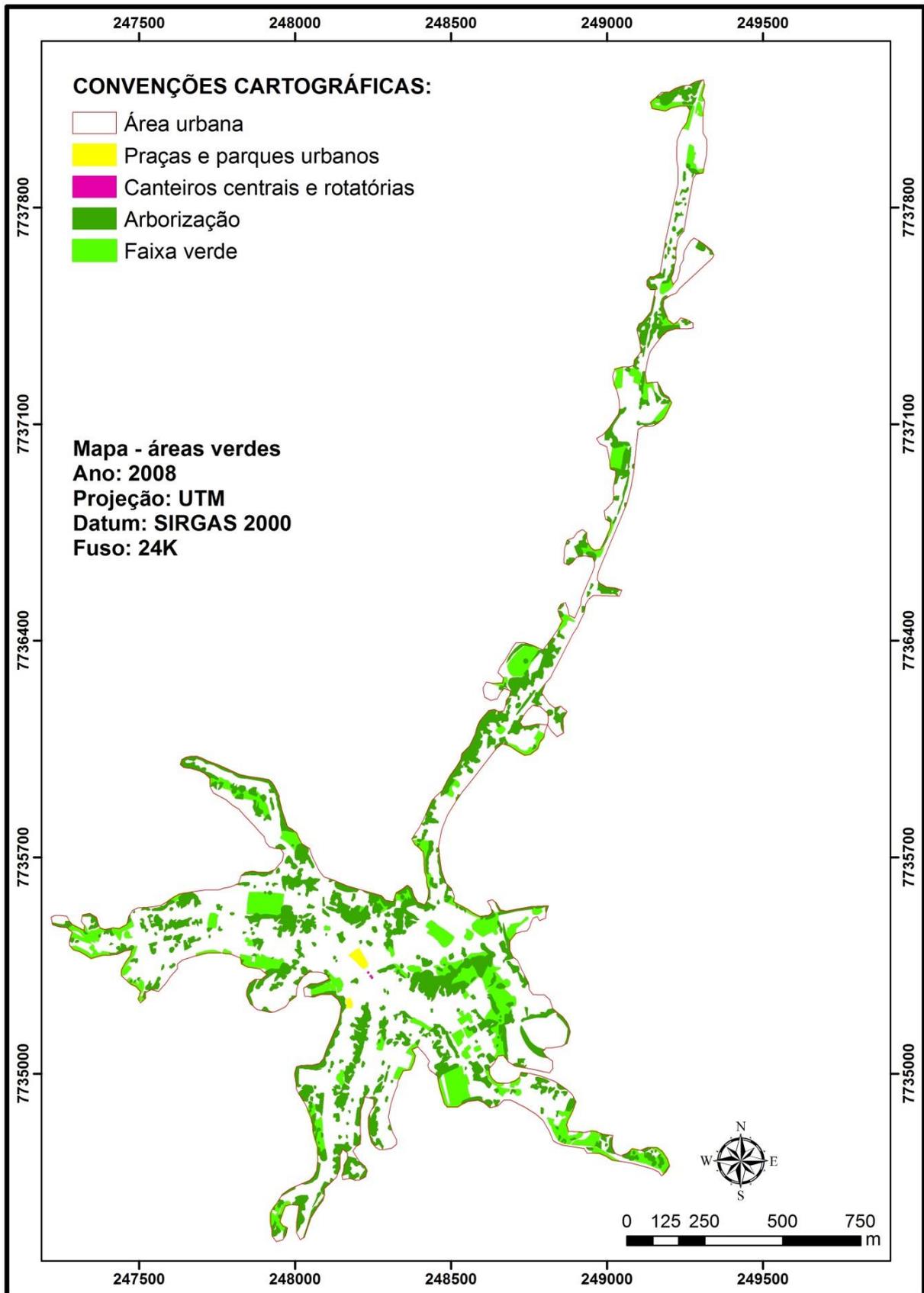
Os valores de 40 m<sup>2</sup>/hab e 37,05 m<sup>2</sup>/hab foram, inclusive, superiores em relação a outras cidades, em estudos semelhantes. Fiorese e Silva Filho (2019), por exemplo, estimaram um índice de 32,6 m<sup>2</sup>/hab para a cidade de Guaçuí (ES). Já Fiorese et al. (2018) obtiveram o valor de 16,69 m<sup>2</sup>/hab para o município de Mimoso do Sul, embora os valores estimados para o município de Muniz Freire tenham sido largamente inferiores aos 68,057 m<sup>2</sup>/hab obtidos por Santos e Magri (2018) para a cidade de Itaú de Minas (MG). Todavia, o valor obtido para o IAVR foi muito baixo, em virtude da existência de apenas duas praças na cidade, que são: a Praça Divino Espírito Santo e a Praça dos Ex-combatentes.

O valor do IAVR de Muniz Freire foi, inclusive, inferior ao de outras cidades, como Guaçuí (0,98 m<sup>2</sup>/hab, segundo Fiorese e Silva Filho (2019)). Com isso, o índice obtido foi considerado insatisfatório diante das funções inerentes às praças e parques urbanos, como recreação e lazer. Silva e Versiani (2011) afirmam que a maior parte das cidades brasileiras não possui espaços públicos suficientes para o lazer. Esse fato fica evidente na zona urbana de Muniz Freire, devido ao baixo número de praças e parques para atender à população urbana.

Os parques e as praças constituem-se, na atualidade, em locais intensamente visitados da cidade, mesmo que eles só tenham espécies exóticas (não nativas) e não cumpram nenhuma função ambiental maior. Na cidade contemporânea, os equipamentos e atividades de lazer e turismo têm nos parques urbanos um forte aliado. Eles refletem um ideal e um imaginário sobre a natureza e meio ambiente dos cidadãos, na tentativa de re-encontrar ou religar-se à natureza, de fato (RAIMUNDO; SARTI, 2016). Esses locais públicos de convivência ainda se sobressaem na paisagem urbana e em relação, inclusive, a outras classes de áreas verdes, servindo como ponto de referência para as pessoas em relação à cidade (SCOPEL; MOTTA, 2016).

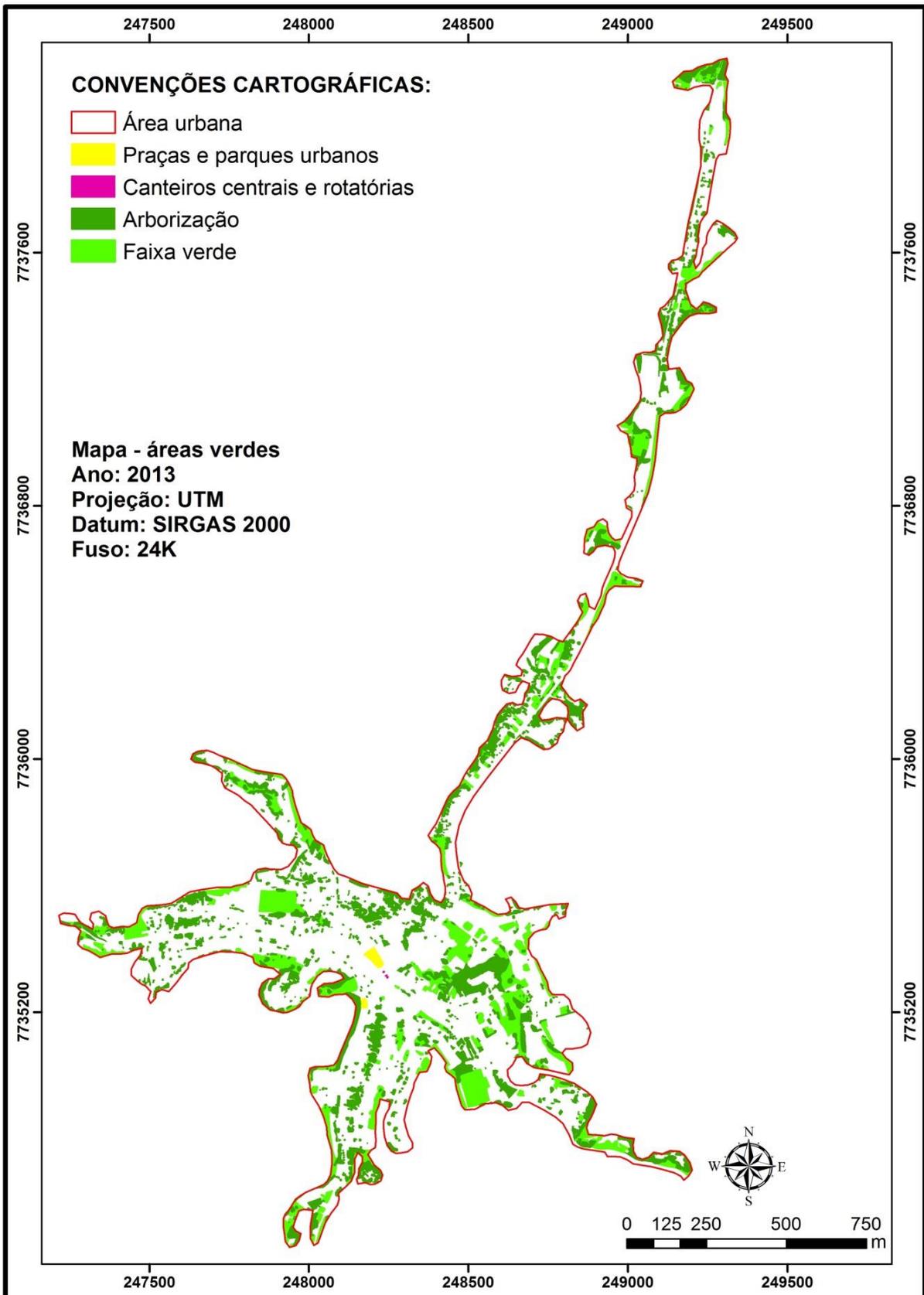
Diante dessa situação, é de grande relevância a tomadas de ações que visem à melhoria desse índice, a partir da criação de novas praças e parques na cidade, com intuito de proporcionar melhor qualidade de vida à população no que diz respeito ao lazer e às atividades recreativas. O acesso ao lazer não é somente um direito social, mais sim um fator imprescindível para o bem estar humano e a melhoria da qualidade de vida (SCOPEL; MOTTA, 2016). As Figuras 2 e 3 apresentam os mapeamentos das classes de áreas verdes para, respectivamente, os anos de 2008 e 2012.

Figura 2 – Mapa das áreas verdes no ano de 2008.



Fonte: Os Autores (2019).

Figura 3 – Mapa das áreas verdes no ano de 2013



Fonte: Os Autores (2019).

Ambas as figuras mostram que a arborização encontra-se de forma pontual e muito espalhada ao longo do perímetro urbano, em virtude da predominância da arborização de calçadas e quintais residenciais. Nota-se, também, uma redução da arborização em vários pontos da cidade. A faixa verde esteve mais aglomerada em alguns pontos da cidade, como campos de futebol, quintais residências e lotes não edificadas. Porém, as duas praças/parques da cidade encontram-se na parte central. Nas periferias, não há disposição desses espaços. Isso pode ser atribuído ao processo de urbanização local não bem planejado, assim como ocorreu em muitas cidades brasileiras. Diante dessa situação, Fiorese et al. (2018) propõem a criação de novas praças ou parques em bairros onde não possuem tais espaços, a fim de proporcionar melhor qualidade de vida e ambiental. Na cidade de Muniz Freire, com exceção da região central, há necessidade da criação nas demais áreas, onde é possível tal atividade.

De modo geral, as áreas verdes do perímetro urbano de Muniz Freire satisfazem a necessidade da população, quando não se considera a função das classes e a disponibilidade de espaços para lazer e recreação. Todavia, quando se considera tal aspecto, há um motivo de grande preocupação em virtude do baixíssimo número de espaços verdes recreativos por habitante. Com isso, de acordo com Flach e Berdete (2016), é necessário um planejamento urbano eficaz, que possa integrar qualidade de vida com desenvolvimento econômico e sustentabilidade, com vistas a haver uma melhor estrutura física do espaço urbano, organizado e planejado, para a população usufruir.

## CONCLUSÃO

O Índice de Áreas Verdes Totais foi superior aos valores estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde e Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. Com isso, independentemente das funções das classes, a cidade é capaz de oferecer uma boa qualidade de vida e ambiental, desempenhada principalmente pela arborização (encontrada em calçadas, quintais residenciais) e pela faixa verde (encontrada em quintais e lotes vagos). Porém, o Índice de Áreas Verdes Recreativas foi considerado insatisfatório, em virtude da existência de apenas duas praças/parques na cidade e das funções pertinentes a esses espaços. Quanto ao mapeamento das classes, as praças estão dispostas apenas na região central da cidade, o que pode ser atribuído a um mau planejamento urbano, embora a cidade tenha um número de habitantes considerado baixo.

Com isso, há necessidade de estabelecer novas áreas verdes recreativas em bairros que não dispõem de tais espaços, além de trabalhos de educação ambiental com a população acerca da importância da manutenção da arborização de calçadas e dos espaços verdes dos quintais. Essas ações devem integrar o poder público e a população, a fim de que haja melhor qualidade de vida atrelada ao desenvolvimento sustentável da cidade.

## REFERÊNCIAS

BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 6, n. 3, p. 172-188, 2011.

CASLER, M. D. Perennial grasses for turf, sport and amenity uses: evolution of form, function and fitness for human benefit. **Journal of Agricultural Science**, v. 144, p. 189-203, 2006.

FIGLIARETTI, C. H. U. et al. Áreas verdes urbanas e periurbanas do município de Mimoso do Sul-ES, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 15, n. 28, p. 97-110, 2018.

FIGLIARETTI, C. H. U.; SILVA FILHO, G. Áreas verdes urbanas do município de Guaçuá-ES, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 16 n. 29, p. 816-826, 2019.

FLACH, C. W.; BERDETE, M. M. Praças, parques e avenidas: áreas verdes e sua importância como espaço de lazer em Pelotas. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38 n. 1, p. 195-205, 2016.

GEOBASES. **IEMA – mapeamento ES – 2012-2015**. Disponível em: <<https://geobases.es.gov.br/links-para-mapas1215>>. Acesso em: 8 jul. 2019.

HARDER, I. C. F.; RIBEIRO, R. de C. S.; TAVARES, A. R. Índices de área verde e cobertura vegetal para as praças do município de Vinhedo, SP. **Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 277-282, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sinopse do censo demográfico 2010 – Espírito Santo**. 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=29&uf=32>>. Acesso em: 7 jul. 2019.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES (IJSN). **Shapefiles**. Disponível em: <<http://www.ijsn.es.gov.br/mapas/>>. Acesso em: 8 jul. 2019.

INCAPER. **Programa de assistência técnica e extensão rural PROATER 2011 – 2013:** Muniz Freire. Disponível em: <[https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Caparao/Muniz\\_Freire.pdf](https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Caparao/Muniz_Freire.pdf)>. Acesso em: 6 jul. 2019.

LIMA NETO, E. M. de. **Aplicação do sistema de informações geográficas para o inventário da arborização de ruas de Curitiba, PR.** 2011. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

LOBODA, C. R.; DE ANGELIS, B. L. D. Áreas verdes públicas: conceitos, usos e funções. **Ambiência**, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 125-139, jan./jun. 2005.

LUNAS, M. C. F. da S.; RIBAS, L. M. L. R. Parques urbanos municipais em Dourados – MS – Brasil: estado da arte. **Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 18, n. 2, 2013.

MARTELLI, A.; CARDOSO, M. de M. Favorecimento da arborização urbana com a implantação do projeto Espaço Árvore nos passeios públicos do município de Itapira-SP. **InterEspaço**, Grajaú, v. 4, n. 13, p. 184-197, jan./abr. 2018.

OLIVEIRA FILHO, P. C. et al. A importância das áreas verdes em uma cidade de pequeno porte: estudo de caso na cidade de Irati-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 89-99, jan./abr. 2013.

PANCHER, A. M.; ÁVILA, M. R. de. O uso de geotecnologias na determinação do percentual de áreas verdes urbanas no município de Americana-SP. **Geonorte**, v. 2, n. 4, p. 1662-1673, 2012.

PANQUESTOR, E. K.; RIGUETTI, N. K. Percepção ambiental, descaso e conservação: uso da geoinformação no estudo de áreas verdes públicas em Carangola – MG. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 4., 2008, Brasília. **Anais...** Brasília: ANPPAS, 2008.

PINTO, E. dos S.; LABADESSA, A. S. Os benefícios socioambientais da arborização e calçamento ecológico na cidade de Ariquemes – RO. **Revista Olhar Científico**, Ariquemes, v. 2, n. 1, p. 1-20, jan./Jul. 2016.

PIROVANI, D. B. et al. Áreas verdes urbanas de Cachoeiro de Itapemirim, ES. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 171-179, 2012.

RAIMUNDO, S.; SARTI, A. C. Parques urbanos e seu papel no ambiente, no turismo e no lazer da cidade. **Revista Iberoamericana de Turismo**, Penedo, vol. 6, n.2, p. 3-24, 2016.

SABADINI JUNIOR, J. C. **Arborização urbana e a sua importância à qualidade de vida**. 2017. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/57680/arborizacao-urbana-e-a-sua-importancia-a-qualidade-de-vida>>. Acesso em: 12 jul. 2019.

SANTOS, C. D. M. dos.; MAGRI, R. A. F. **Áreas verdes urbanas do município de Itaú de Minas-MG, Brasil**. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 15, n. 27, p. 42-53, 2018.

SCHEUER, J. M. Planejamento urbano, áreas verdes e qualidade de vida. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Curitiba, v. 11, n. 5, p. 59-73, jun./dez. 2016.

SCOPEL, V. G.; MOTTA, J. C. De for a para dentro: a tendência da interiorização dos espaços de convivência. In: Semana de Extensão, Pesquisa e Pós-Graduação, 12., 2016, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Centro Universitário Ritter dos Reis, 2016.

SILVA, G. P.; VERSIANI, I. V. L. Brasil: Espaço público de lazer no ambiente urbano: ampliação das possibilidades de convivência, socialização e mudança de cenários violentos. **Desarrollo Humano**, n. 74, 2011.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA – SBAU. Carta a Londrina e Ibiporã. **Boletim Informativo**, v.3, n.5, p.3, 1996.

SOCIEDADE INTERNACIONAL DE ARBORICULTURA. **Árvores e gramados**. 2013. Disponível em: <<https://www.treesaregood.org/portals/0/docs/treecare/Arvores%20e%20Gramados.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

SOUZA, F. H. D. de. **Os gramados e a forração vegetal permanente de superfícies do solo: exemplos de oportunidades perdidas?**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2019. 5 p.

## CAPÍTULO 4

**GEOTECNOLOGIAS E SABERES TRADICIONAIS APLICADOS À  
ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL***Walter Luiz Jardim Rodrigues**Viviane Corrêa Santos**Márcia Aparecida da Silva Pimentel*

**RESUMO:** Este trabalho se propõe apresentar o caso empírico de comunidades usuárias dos recursos naturais do município de São João da Ponta, nordeste paraense, numa escala espaço-temporal que permita visualizar os usos da terra e dos recursos naturais. Partindo-se de análise comparativa do período antes e após a criação da Unidade de Conservação de Uso Sustentável, categoria Reserva Extrativista, busca-se entender a relação entre essas populações e os usos da terra e dos recursos naturais a partir da análise dos significados e representações que essas populações têm sobre os conceitos de paisagem, território e lugar. A identificação dessas representações contribuirá para a elaboração de uma base de dados georreferenciada que será aplicada no desenvolvimento de um projeto cartográfico, cujos resultados serão espacializados em mapas temáticos. O resultado evidenciará aspectos das mudanças nas dinâmicas comerciais das comunidades tradicionais do município de São João da Ponta e sua atual relação com a Reserva Extrativista Marinha.

**Palavras-chave:** Reserva Extrativista; Geotecnologia; Populações Tradicionais.

**INTRODUÇÃO**

A geografia tem como objeto de estudo o espaço geográfico. Falar de espaço geográfico em geografia é falar da construção de um produto histórico, surgido das relações entre a sociedade e a natureza. Nesse sentido os saberes tradicionais associados aos conhecimentos científicos registram as práticas sociais de um determinado contexto histórico e carregam em si as marcas das práticas sociais dos mais variados grupos que vivem e se relacionam. Essa relação tem como produto a construção do espaço.

A paisagem é traduzida por um conjunto de formas de um determinado tempo e que a mesma nos revela sucessivas relações localizadas entre o homem e a natureza. É nessa perspectiva que o autor define o conceito de espaço como sendo as formas e a vida que as anima (SANTOS, 2002).

As abordagens da Geografia, a partir de 1970, principalmente a partir dos estudos humanistas e culturais, demonstram claramente a necessidade dos geógrafos

trazerem para suas abordagens analíticas outras formas de saber. Sugere-se a Religião, a Arte e a percepção das pessoas enfatizando nessa abordagem geográfica a importância do envolvimento do homem com o seu lugar (MARANDOLA, 2006).

Edmund Husserl propôs a fenomenologia como uma sugestão metodológica de investigação científica entre a relação do homem com o meio que o cerca. Por exemplo: a paisagem percebida, o espaço, o lugar, a cultura, a identidade. Mais tarde, as discussões em torno da fenomenologia serão ampliadas por outros filósofos, a citar: Merleau-Ponty, Jean Paul Sartre e Martin Heidegger.

Nos estudos da ciência geográfica, temos na estrutura da geografia cultural a incorporação dos elementos da fenomenologia e da hermenêutica. Assim, as categorias cultura, lugar, territorialidade, identidade, percepção, paisagem são apresentadas como importantes, dotadas de particularidades próprias (OLANDA e ALMEIDA, 2008).

No tocante a percepção ambiental esta é expressa pelos moradores por meio da História oral, que é o método que consiste em palavras gravadas, que será compreendida como uma fonte oral. Esse método parte da oralidade das histórias daqueles que a vivenciaram, observaram e que muitas vezes não tem credibilidade no mundo acadêmico, mas que nem por isso, deixam de representar um arquivo vivo das modificações ocorridas nas paisagens ao longo dos tempos passados (VOLDMAN, 1996).

Nesse sentido a proposta deste trabalho propõe-se a uma integração do conhecimento científico com o conhecimento dessas populações tradicionais<sup>1</sup> partindo de suas percepções sobre o espaço geográfico numa abordagem espaço-temporal, que será materializada em mapas temáticos resultantes da aplicação do geoprocessamento, pois sendo o mesmo uma técnica transdisciplinar, diversas são as ciências que se beneficiam de seu uso através dos trabalhos de localização dos fenômenos e equacionamento e esclarecimento das condições espaciais.

Será abordada em um primeiro momento a dinâmica comercial dos principais

---

<sup>1</sup> Para Diegues e Arruda (2000), a noção “sociedades tradicionais” contempla grupos humanos culturalmente diferenciados e que historicamente reproduzem o seu modo de vida. Algumas de maneira mais isoladas; outras, menos. Essas sociedades estariam assim baseadas em modos de cooperação social e formas específicas de relações com a natureza. Tendo como o manejo sustentado do meio ambiente, sua característica tradicional. Essa definição de populações tradicionais têm suas limitações. Já que todas as culturas e sociedades possuem uma “tradição”. Entretanto, no contexto sociopolítico em que essas populações estão inseridas, essa caracterização, vem, em muitas vezes, legitimar uma identidade diferenciada e fundamental, “plano das relações com o Estado, a reivindicação por direitos territoriais e culturais específicos”.

produtos agrícolas exportados a partir do porto da antiga vila de São João da Ponta para os principais pontos comerciais do estado do Pará através de canoas a vela. Nesse sentido, as categorias como cultura, lugar, territorialidade, identidade, percepção, paisagem serão fundamentos para alicerçar o método de análise e representação a ser desenvolvida no decorrer do trabalho, uma vez que será através do conhecimento tradicional dos moradores mais idosos do município que se poderá reconstruir através da memória coletiva<sup>2</sup> dos mesmos a dinâmica comercial do passado a partir de entrevistas em campo.

Já em um segundo momento, apresenta-se a atual dinâmica comercial dos principais produtos agrícolas exportados a partir da rodovia PA-375 alcançando, principalmente, os municípios de entorno e a capital Belém no contexto de Unidade de Conservação. Nesse momento serão utilizados dados secundários oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE para diagnosticar os usos da terra, a produção e a dinâmica comercial agrícola do município no contexto de Unidades de Conservação, bem como, identificar e analisar através de gravações feitas em campo, a percepção dos moradores, no que diz respeito aos conceitos de paisagem e território.

Busca-se assim um comparativo entre esses dois momentos numa escala espaço-temporal, partindo dos conhecimentos tradicionais, em especial, os contidos na memória local dos moradores mais idosos, registrados a partir do método da história oral, até os dias atuais. Evidenciando assim as mudanças ocorridas tanto na dinâmica comercial espacial desses produtos quanto nas transformações socioeconômicas decorrentes, a ressignificação da paisagem e a reafirmação cultural desses atores frente às mudanças atuais.

## **O MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DA PONTA NO CONTEXTO DE UNIDADE DE CONSERVAÇÃO**

O município paraense de São João da Ponta foi criado em 1995, a partir do desmembramento do município de São Caetano de Odivelas e conta com aproximadamente 5.265 mil habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2010, no entanto, como vila, a atual sede municipal existe há mais de 100 anos (RODRIGUES, 2013).

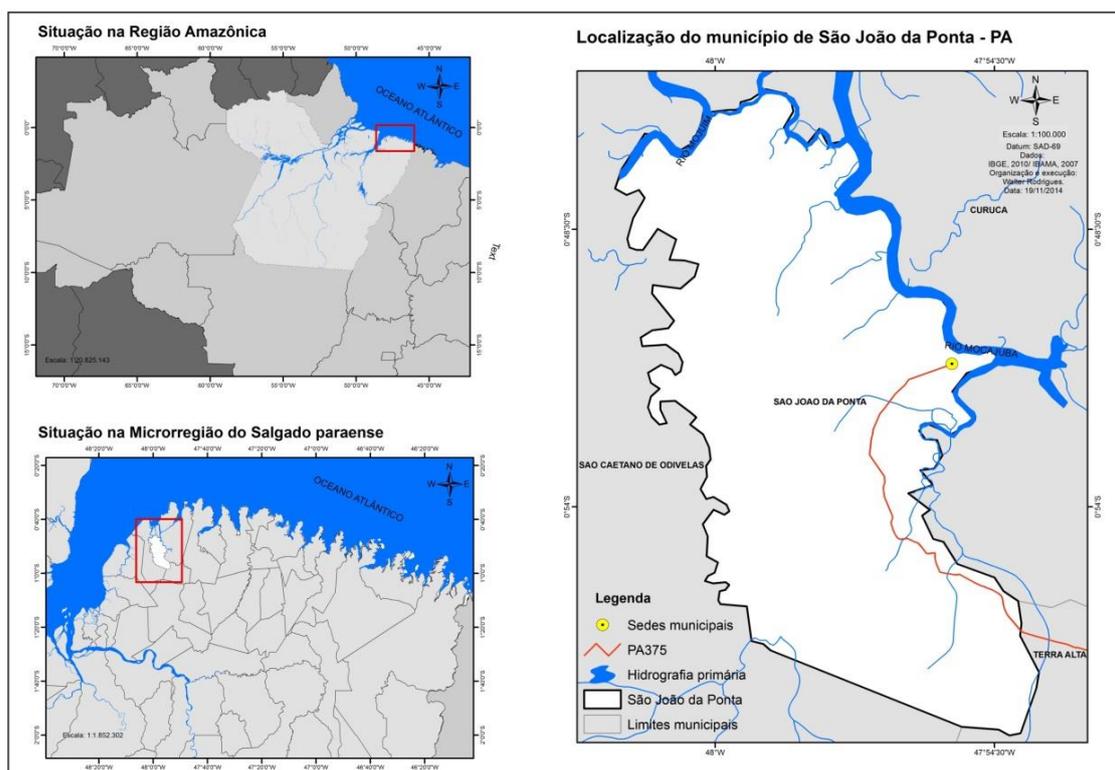
Localiza-se conforme o mapa a seguir (figura 1), na mesorregião do nordeste e

---

<sup>2</sup> Conforme Milton Santos (2002, p.329): “A memória coletiva é apontada como um cimento indispensável à sobrevivência das sociedades, o elemento de coesão garantidor da permanência e da elaboração do futuro”.

microrregião do Salgado Paraense, e abrange uma área territorial de 196,9 km<sup>2</sup>, distante 120 km em linha reta da cidade de Belém. Sua localização centra-se na latitude 00°50'59''sul e longitude 47°55'12''oeste, com altitude de 34 metros em relação ao nível do mar. Para visualização completa dos limites do município foi adotada a escala de 1:100.000.

**Figura 1 - Mapa de localização do município de São João da Ponta-PA.**



A população de São João da Ponta está concentrada em sua maior parte na área rural, e isso se observa nos dados do último censo realizado, onde a soma dos endereços urbanos (500) e endereços rurais (1.652) totalizam 2.152 endereços, conforme consta nos dados do Censo Agropecuário (2010), sendo que a parte urbana corresponde à Sede do município de mesmo nome.

Durante seu processo histórico, a configuração espacial passou por profundas mudanças. Tais mudanças se deram de maneira mais significativa a partir da década de 50, quando a estrada PA-375 ligou a vila São João da Ponta, a PA-136 e esta a BR-316, mudando a dinâmica comercial da produção, principalmente agrícola, do atual município de São João da Ponta e suas comunidades.

Com a instituição da Reserva Extrativista Marinha de São João da Ponta, através do Decreto S/N de 13 de dezembro de 2002, as formas e usos dos territórios passaram

por significativas mudanças no que diz respeito ao ordenamento e a gestão dos recursos naturais da Reserva Extrativista.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), instituído pela Lei nº 9.985/2000, é constituído pelo conjunto das unidades de conservação federais, estaduais e municipais. Esta Lei, e o decreto que a regulamenta (nº 4.340/2002), estabelecem diretrizes comuns de critérios e normas para a criação, implantação e gestão das Unidades de Conservação para todas as esferas governamentais.

Neste trabalho discutiremos a categoria de Unidades de Conservação denominada Reserva Extrativista - RESEX do tipo marinha. As Reservas Extrativistas Marinhas constituem-se de uma área formada por um grande manguezal estuarino, com grande biodiversidade e produtividade. E que juntamente com os demais municípios litorâneos e costeiros do Pará, compõem a costa de manguezais do Salgado Paraense.

Essas RESEX têm por objetivo proteger uma importante formação de manguezais do Brasil, fundamental na conservação da vida marinha e estuarina da zona costeira do Estado e na manutenção dos aspectos socioeconômicos e culturais das populações tradicionais dessa região. No entanto, atualmente, os elementos naturais e culturais de que dependem as populações tradicionais estão ameaçados pela pesca predatória, pelos impactos ambientais sobre os rios, solo, manguezais e floresta de terra firme.

Para essas comunidades, a unidade de conservação representa uma grande área de produção. A RESEX Marinha de São João da Ponta engloba 17 (dezessete) comunidades do município, conforme mostra a tabela 1.

**Tabela 1 - Relação das comunidades da RESEX Marinha de São João da Ponta- PA**

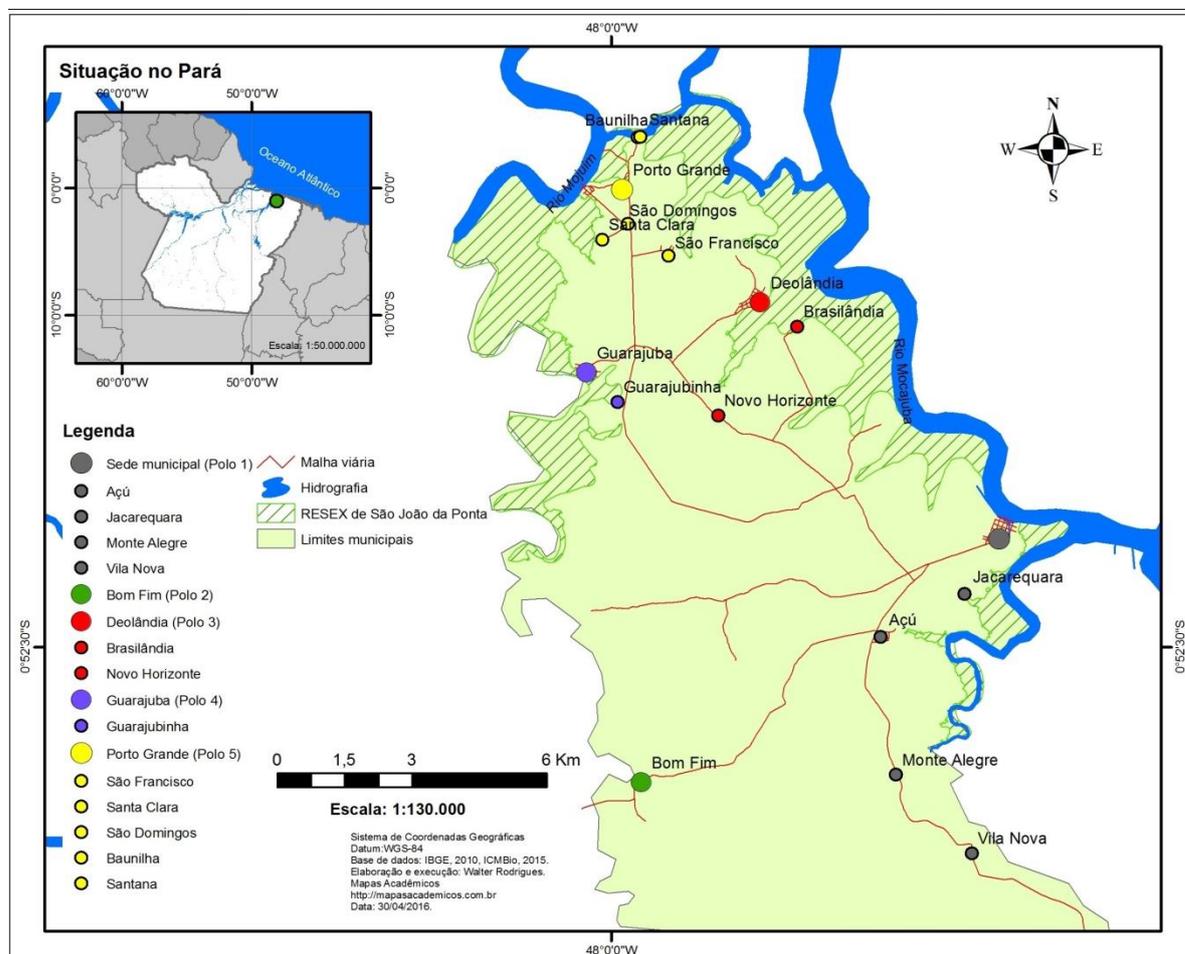
<b>Comunidades Pólos / Localização</b>	<b>Comunidades Membros</b>
1. Cidade (Ribeirinho). Rio Mocajuba, margem esquerda.	Sede (Bairros: Centro, Pantanal e Brasília), Vila Nova, Monte Alegre, Açú, Jaguareguara e Coqueiro.
2. Porto Grande (Ribeirinho). Rio Mojuim, margem direita.	Porto Grande, Santana, Baunilha, Santa Clara e São Francisco.
3. Guarajuba (Ribeirinho). Rio Mojuim, margem direita.	Guarajuba, Gurajubinha, São Domingos.
4. Deolândia (Ribeirinho). Rio Mocajuba, margem esquerda.	Deolândia, Brasilândia, Novo Horizonte.
5. Bom-fim (Ribeirinho). Rio Mojuim, margem direita.	Bom-fim.

Fonte: Brasil, 2010.

Para gerência e controle sobre o uso dos recursos da reserva extrativista, foram estabelecidas políticas normativas<sup>3</sup> para o ordenamento dos territórios de uso dos extrativistas da RESEX de São João da Ponta.

No mapa a seguir (figura 2) será representada a localização das comunidades membros da RESEX atreladas a uma comunidade pólo. Para nível de visualização de todas as comunidades pólos, adotou-se a escala de 1:130.000. Já quanto a simbologia adotada para confecção da legenda, a comunidade pólo estará mais destacada em tamanho e sua cor a relacionará às comunidades de cores equivalentes, simbolizando assim sua polarização. Desse modo, teremos 5 polos representados cartograficamente em consonância com os dados da tabela 1.

**Figura 2 - Mapa Polarização das comunidades membros da RESEX de São João da Ponta-PA.**



<sup>3</sup> Dentre essas políticas normativas destaca-se a implementação do Conselho Deliberativo com o regimento aprovado. Essa instância de co-gestão e controle social da RESEX é composta por 17 (dezesete) instituições de instituições públicas e da sociedade civil organizada, conforme a sua portaria de criação e seguindo a Instrução Normativa nº 02 (BRASIL, 2009). E a implantação do Programa Agente Ambiental Voluntário, conforme a Instrução Normativa nº 66 (BRASIL, 2005).

## A PERCEPÇÃO DA PAISAGEM DOS MORADORES DE SÃO JOÃO DA PONTA E OS SABERES TRADICIONAIS

Em entrevistas realizadas entre os anos de 2012 a 2014 junto aos moradores de entorno da RESEX de São João da Ponta – PA analisou-se e se identificou através de gravações feitas em campo, a percepção dos mesmos, referentes aos conceitos de paisagem e território.

Em entrevistas colhidas nas comunidades do Açú e de São Francisco, foi possível identificar nas letras narradas pelos entrevistados, uma forte presença do cotidiano, da paisagem, do socioeconômico e do território. Como exemplo, cita-se na letra de Pedro Bandeira, comunidade do Açú, uma descrição da localização, paisagem e fonte de renda do município:

São João da Ponta é uma cidade, fica em frente a maré  
tem siri, tem caranguejo, tem o peixe aimoré (2x)  
Mas isso é bom,  
tem o peixe, o turú, tem a ostra  
e o mexilhão e também o camarão (2x)  
(PEDRO BANDEIRA, entrevista oral, 17/08/2011).

Quanto ao sentimento de pertencimento ao local, a letra de uma canção feita pela senhora Marcia Almeida, conhecida produtora cultural do município:

Nós somos filhos de São João da Ponta viemos apresentar,  
trazendo as mulatas nesse evento cultural,  
levando e deixando saudade aqui em Curuçá.  
São João da Ponta está nos esperando este é  
o momento que não podemos ficar.  
Adeus até amanhã se despede as mulatas para o ano há de voltar  
(Trecho da “Dança das mulatas do Pará” de Márcia Almeida).

Diegues e Arruda (2000) em um estudo sobre a importância dos saberes tradicionais para a conservação da diversidade biológica, destaca a existência de um complexo de conhecimentos adquiridos pela tradição herdada dos mais velhos através de mitos e símbolos.

Esses saberes estão contidos nas falas dos caranguejeiros, pescadores artesanais, pequenos agricultores entre outros moradores do município de São João da Ponta.

O reconhecimento desses saberes tradicionais se evidencia nas atividades desenvolvidas pelo Grupo de Estudo Paisagem e Planejamento Ambiental (GEPPAM) coordenado pela Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Márcia Aparecida da Silva Pimentel da Universidade Federal do Pará. Dentre as variadas atividades desenvolvidas pelo GEPPAM estão as Trilhas Interpretativas, onde os extrativistas juntamente com professores universitários

ensinam aos alunos as diferentes espécies de vegetação encontradas nas trilhas, as mudanças na paisagem local, as diferenças entre manguezais, várzeas e terra-firme entre outras experiências compartilhadas numa troca de saberes e olhares enriquecedores, conforme figura 3(A).

Em outras ocasiões os extrativistas participam como ministrantes de oficinas de capacitação de professores da rede municipal de ensino em parceria com as mais variadas instituições públicas e privadas, expondo para os participantes a história de seu município, sua cultura e conhecimentos relativos à preservação do meio ambiente, conforme figura 3(B).

**Figura 3- Extrativista compartilhando seus conhecimentos.**



Fonte: Dados da pesquisa, 2012.

A seguir será descrita uma análise espaço-temporal das relações entre pescadores e caranguejeiros e os recursos naturais da área de estudo, pautadas no relacionamento desses conhecimentos tradicionais com os conhecimentos científicos baseados na aplicação técnica das geotecnologias para evidenciar dois momentos na dinâmica comercial do atual município, os quais são: a configuração espacial e dinâmica comercial anterior a abertura da rodovia PA-375 na década de 50 e a configuração espacial e dinâmica comercial posterior a mesma somadas a delimitação da RESEX no território municipal em 2012.

## **POPULAÇÃO TRADICIONAL E O USO DOS RECURSOS DO TERRITÓRIO NUMA PERSPECTIVA ESPAÇO-TEMPORAL: GEOTECNOLOGIA E SABERES TRADICIONAIS COMO METODOLOGIA DE ANÁLISE GEOGRÁFICA**

Santos (2002) considera o espaço primeiramente como um “conjunto de fixos e fluxos”, os elementos fixos como estradas, pontes, construções, barragens e etc., os fluxos são os movimentos que são condicionados pelas ações. Há uma interação entre os fixos e os fluxos construindo e reconstruindo o espaço, os fixos que produzem fluxos, e este que levam a reprodução de fixos e vice-versa.

De um lado os sistemas de objetos condicionam a forma como se dão as ações e, de outro lado, os sistemas de ações leva a criação de objetos novos ou se realiza sobre os objetos pré-existentes. É assim que o espaço encontra a sua dinâmica e se transforma (SANTOS, 2002).

Para Câmara et. al. (2001) o desenvolvimento simultâneo da tecnologia de Informática, possibilitou o armazenamento e a representação de dados geográficos em ambiente computacional, outrora desenvolvidos apenas em documentos e mapas de papel, o que impedia uma análise combinatória de mapas e dados. Esse desenvolvimento da tecnologia de Informática abriu caminhos para o surgimento do que viria a ser chamado de Geoprocessamento.

Assim, esta nova disciplina do saber, trataria da informação geográfica utilizando-se de técnicas matemáticas e computacionais. Para se trabalhar essas informações geográficas em ambiente computacional, foram criadas as ferramentas chamadas de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Estas ferramentas permitiriam realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes, criando assim os bancos de dados georreferenciados. E ainda torna possível a automatização da produção de documentos cartográficos (CÂMARA et. al., 2001).

Conforme Fitz (2008, p.23), o SIG seria definido como:

um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido.

Sendo o geoprocessamento uma técnica transdisciplinar, diversas são as ciências que se beneficiam de seu uso através dos trabalhos de localização dos fenômenos e

equacionamento e esclarecimento das condições espaciais.

A seguir será descrito algumas narrativas orais que registram as atividades agrícolas e seus principais fluxos de distribuição anteriores a abertura da rodovia PA-375 na década de 50.

## **AS PRINCIPAIS FORMAS DE SE RELACIONAR COM A NATUREZA E OS RECURSOS NATURAIS NO PASSADO: OS PRINCIPAIS RECURSOS NATURAIS EXTRAÍDOS**

No atual município de São João da Ponta, a economia estava baseada principalmente na extração da malva, casca de mangue, maniva, arroz entre outras culturas de subsistência. Na ausência de registros oficiais que comprovem a quantidade e os fluxos dessa economia no passado, utilizou-se, nesta, pesquisa, a memória da população idosa local através das narrativas orais registradas entre os anos de 2011 a 2012.

A gente ia daqui de canoa para vender em São João da Ponta. Vender malva que a gente tirava naquele tempo. Ia ao roçado tirava aqueles feixes de malva, raspava e botava na água. Com 8 dias já ia lavar. Fazia aqueles maços de malva lavada e pegava e ia vender. Chegava lá comprava que tinha que comprar... Tudo isso a gente fazia. Eu ajudava os meus pais a plantar roça. Nós plantava a maniva, nós plantava o arroz, o gergelim. Ajudava o meu pai pelo mangal a bater casca de mangue. Derrubava esses mangueiros que tem no mangal assim e batia e tirava aquela casca. Um bocado de casca! Aí fazia umas rodinhas de cipó, aí a gente enchia. Fazia aqueles feixinhos assim bonitinhos pra levar pro curtume em Belém, que ficava lá no Maguari. Dali saía o couro pra fazer sapato, fazer bolsa, fazer cinto, fazer tudo quanto era coisa. Era feito dessas coisas. Agora não tem mais.

(Maria Soares, mulher, 71 anos, 2011).

Eu tirei muito metro de casca de mangue. A gente tinha uma machadinha. Tinha o cabo e a machadinha. Era assim a machadinha [seu Lázaro desenha a machadinha no papel]. O mangueiro, por exemplo, era aqui. Aí, o senhor, tirava uma medida, que era isto aqui, a medida do comprimento do feixe. Aí eu tirava uma medida, e ia embancar [colocar sobre uma bancada] pro senhor, se o senhor fosse o batedor da casca. A gente tirava na semana cinco, seis metros. Era trinta e dois feixes, o metro. Eu trabalhava de segunda a quinta. Quando a maré tava morta. Aí deixava a maré crescer. No período em que a maré tava morta nós saíamos pra várzea pra tirar tala de jacitara, pra fazer umas alcinhas assim [Seu Lázaro faz com as duas mãos a forma de um círculo] umas bolinhas assim. A gente tirava duzentas, trezentas alças... Eram duas alças do feixe. A gente pegava a canoa, tirava tudinho a casca de dentro e botava no teso. Aí a gente ia enfeixar. Enfeixava tudinho e entregava pro cabra que ia comprar casca. Naquela época era mil réis. Aí não tinha outros meios.

(...)

Nós não trabalhava mesmo no caranguejo. Nós trabalhava, quando eu tinha 8 anos, trabalhava assim na malva, tirando malva com minha mãe. Era capoeirão, dava muita malva e a gente vendia. Levava lá, pra São João da

Ponta. Pra vender lá, daqui pra lá ainda na cabeça. Andando, de bicicleta, de barco... mas de barco era pouco. Mais era andando aí na paulada e gastava três, quatro horas, que era longe. Que não era aí pela estrada! A gente ia, atravessava aqui, ganhava os caminhos. Era tudo pelo caminho! E passava lá o Coqueiro, descia, varava num rio que chamam Tupuranga, lá na beira da cidade, chegava na casa do Didi, e era lá que nós vendia a nossa malva pra ele.

(Lázaro Palheta, homem, 68 anos, 2012).

Aonde é aquele colégio [Escola Antonia Rosa], ao lado tem a praça, era a casa dele lá, do finado Terto [Santa Rosa]. Ele tinha um comércio grande lá, tinha padaria. Ele comprava [do proprietário local]. E tinha umas mangueiras assim grandes. Ele comprava e aí o pessoal enfeixava [os cascos de mangue] e deixava lá. No outro dia ele botava na canoa já pra levar. Entrava no rio Maguari, que era o curtume lá dentro e aí ia descarregar.

(...)

Tinha um camarada [Terto Santa Rosa] aí, que tinha uma canoa a vela, e ele comprava [malva e outros produtos]. Era os metros, né. A gente fazia aqueles feixezinhos [feixes pequenos] assim e fazia metrado. Aí fazia os metros e vendia o metro. E ele levava por canoa lá pro Maguari. Aquele curtume Maguari, sabe? Ali pro lado de Icoaraci [Distrito de Belém do Pará]. E era lá que eles iam. Tem o rio Maguari mesmo e eles iam bater lá dentro, no curtume.

(Raimundo de Moura, homem, 65 anos, 2012).

Como agricultor o senhor Cilenio Neves de Lima (89 anos, entrevista oral, 2012), conhecido como seu Quito, plantou arroz, milho, mandioca, feijão, cana, banana, jerimum, melancia e outras coisas mais. A produção era vendida para São Caetano de Odivelas através do porto da comunidade de Porto Grande e dali levada para Castanhal e outros municípios próximos.

Eu conheci este Porto Grande [comunidade] com mais ou menos umas cinco... seis casas. Eu não era daqui. Eu era do Guarumã [atual comunidade de Santa Clara]. O papai era lavrador. Nós tinha roçado. A gente plantava milho, plantava mandioca, plantava o gergelim, plantava a batata e tudo. Plantava e colhia.

(Orgarina dos Santos, mulher, 77 anos, 2012).

Como eles faziam, por exemplo, há tempos atrás. Eles pegavam o caranguejo aqui e botavam na canoa daqui e aí iam pra Abaeté [Abaetetuba, município paraense]. Chegavam lá vendiam esses caranguejos em Abaeté e já traziam de lá o tijolo, a telha, a madeira. E como no Marajó era o local que mais vendia farinha, a farinha daqui ia direto pro Marajó. Metiam a canoa aí e iam direto pra lá. Então eles faziam uma troca dessa piramutaba salgada, da capivara, do peixe do mato que é o tamatá e eles levavam daqui e faziam a troca com eles lá.

(Raimundo de Moura, homem, 65 anos, 2012).

Sobre essa época, o senhor Raimundo de Moura, recorda e compara a economia agrícola de sua época com a atual e lamenta:

A gente lamenta a agricultura da gente não ter crescimento. Naquela

época que a gente tinha mais dificuldade do carro entrar aqui, quando ainda vinha canoa buscar aí no porto! Era arroz, era malva... Hoje, acabou! Acabou a plantação de malva, acabou a plantação de arroz. [Hoje] não tem dificuldades de vim, mas acabou o produto e a gente não pode vender.

(Raimundo de Moura, homem, 65 anos, 2012).

Nesse sentido, foi possível uma análise das mudanças ocorridas no decorrer do tempo quanto ao uso das terras correspondente ao atual município, além de revelar a configuração espacial desses espaços agrícolas e suas conseqüentes dinâmicas comerciais.

### **MAPEAMENTO DOS PRINCIPAIS FLUXOS DE PESSOAS E PRODUTOS DE SÃO JOÃO DA PONTA (NA ÉPOCA AINDA PERTENCENTE AO MUNICÍPIO DE SÃO CAETANO DE ODIVELAS).**

Antigamente, antes da construção da estrada PA 375, para sair do atual município de São João da Ponta, atravessavam-se de embarcação os rios Mocajuba e Mojuim. Eram, basicamente, quatro vias de acesso e saída que os moradores das comunidades do município usavam. Eram elas:

**Ao norte do rio Mocajuba:** saindo da comunidade Deolândia e subindo o rio Desterro, atravessava-se para a vila Murajá, município de Curuçá, e de lá se pegava um carro para Belém e outros lugares.

**Ao sul do rio Mocajuba:** saindo de São João da Ponta (atual sede municipal), atravessava-se para a vila Lauro Sodré, município de Curuçá, e de lá se pegava um carro para Belém e outros lugares.

**Ao norte do rio Mojuim:** saindo da comunidade Porto Grande, atravessava-se para a sede municipal do município de São Caetano de Odivelas e de lá se pegava um carro para Belém e outros lugares.

**Ao sul do Rio Mojuim:** saindo da comunidade Bomfim, atravessava-se para as comunidades de Cotita e Campina, município de São Caetano de Odivelas, de onde se pegava o ônibus que seguia para Vigia e de lá para Belém e demais lugares.

Todo esse perímetro aí não era estrada. Era só caminho e você andava tranquilo, de noite, de dia. Eu cansei de ir daqui [Deolândia] pra Vila Nova e era caminho, andando. A gente atravessa pra ali pra Murajá, pegava o carro e ia embora pro Abade, pra Curuçá e ia embora... São Pedro... pra Belém. Assim... Naquele tempo pra ir a Belém, pra ser mais perto, atravessava de canoa [o rio Mocajuba] pra ali [vila Murajá em Curuçá]. Meu filho cansou de levar a agente pra ali, pra pegar o ônibus às 6 horas da manhã ali no Murajá. Era assim que a gente ia pra Belém.

(Maria Soares, mulher, 71 anos, 2011).

Aqui era o seguinte, era caminho. E era assim. De Porto Grande pra São Caetano [sede do município] não fica tão longe. De motor [barco] é trinta minutos. Antes de a gente chegar na estrada de São Caetano com Vigia, tinha uma Campina. A gente pegava o ônibus lá na Campina. Do Bomfim pra Cotita era uma meia hora a remo.

(Lázaro Palheta, homem, 68 anos, 2012).

A seguir serão representados em dois mapas nas escalas de 1:96.000 e outro na escala de 1:700.000 (figuras 3 e 4, respectivamente) as informações dos principais fluxos de pessoas e mais as informações dos principais fluxos de mercadorias.

**Figura 3 - Principais fluxos de moradores de São João da Ponta no passado.**

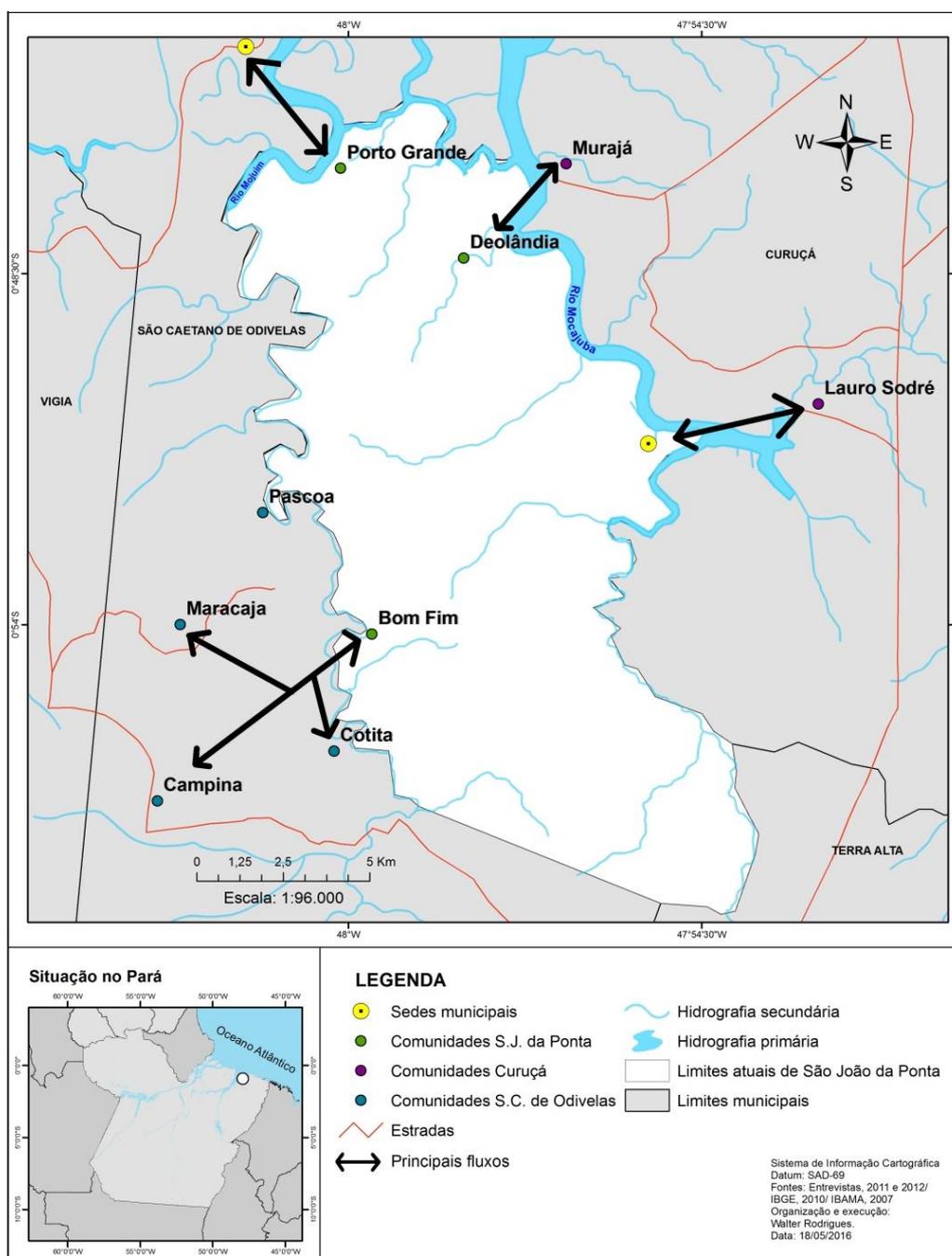
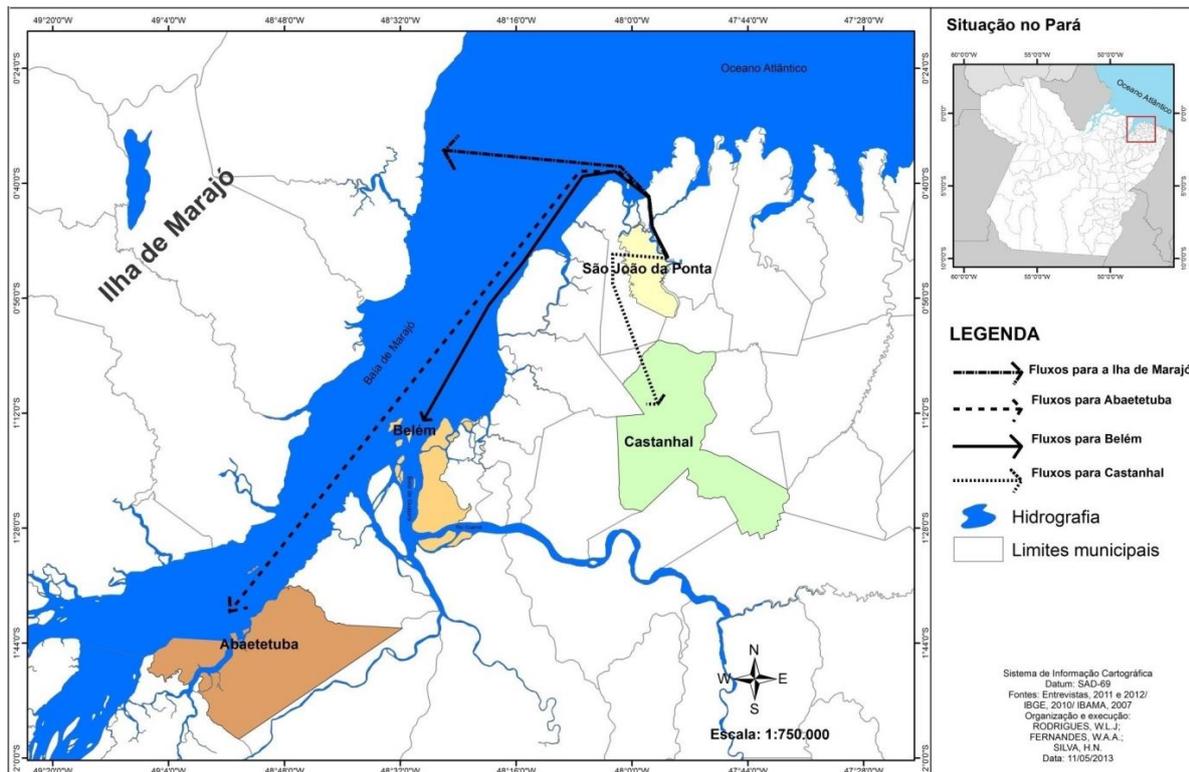


Figura 4 - Principais fluxos de mercadorias de São João da Ponta no passado.



Os mapas temáticos resultantes apresentam simbologias definidas em pontos, linhas e polígonos a fim de elucidar as informações contidas na memória coletiva. A legenda indicando cada ponto, fluxos e comunicações facilita a apreensão desses lugares e a sua respectiva comparação entre os espaços de um tempo anterior em comparação aos espaços dos tempos atuais. Fazer essa comparação de tempos e espaços diferenciados a partir de uma cartografia comparativa partindo da aplicação desses conhecimentos tradicionais nos permite visualizar a construção e evolução do espaço geográfico, seus processos, suas dinâmicas e limitações, sua organização política e social, seus costumes e suas culturas.

## AS ATUAIS FORMAS DE USO E DE APROPRIAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS

A economia de São João da Ponta está baseada na agricultura familiar a partir das lavouras temporárias e permanentes. É também praticada a extração vegetal.

As maiores produções das lavouras temporárias do município estão nas colheitas do abacaxi, arroz, feijão, mandioca, melancia e milho. Já as maiores produções das lavouras permanentes estão nas colheitas do coco-da-baía, maracujá e pimenta-do-reino. Conforme mostra os dados das tabelas a seguir:

**Tabela 2 – Produção agrícola municipal**

<b>Produção Agrícola Municipal (Lavoura Permanente 2012)</b>	<b>Quantidade produzida</b>	<b>Produção Agrícola Municipal (Lavoura Temporária 2012)</b>	<b>Quantidade produzida</b>
Coco-da-baía	50 mil frutos	Abacaxi	360 mil frutos
Maracujá	80 tonelada	Arroz (em casca)	12 tonelada
Pimenta-do-reino	24 tonelada	Feijão (em grão)	45 tonelada
		Mandioca	10.000 tonelada
		Melancia	60 tonelada
		Milho (em grão)	18 tonelada

Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal 2012. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

**Tabela 3 – Extração vegetal**

<b>Extração Vegetal (Ano de referência 2012)</b>	<b>Quantidade produzida</b>
Açaí (fruto)	12 tonelada
Carvão vegetal (Madeira)	28 tonelada
Lenha (Madeira)	300 metros cúbicos

Fonte: IBGE, Produção Agrícola Municipal 2012. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

Embora a coleta e comercialização do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) ser uma das atividades socioeconômicas e culturais da região, os dados relacionados à quantidade coletada dos crustáceos ainda são bem escassos. Sabe-se, porém, que cerca de 60% dos caranguejos-uçá comercializados no Estado do Pará são provenientes das Reservas Extrativistas marinhas paraenses.

Nesse sentido é importante destacar também o trabalho de Gonçalves (2012) quando analisa a cadeia de comercialização do caranguejo-uçá ao seu consumidor final. Onde o caranguejeiro é o menos remunerado na participação da cadeia produtiva, uma vez que a unidade do caranguejo é vendida em média a R\$ 0,45 para o atravessador, podendo chegar ao valor de até R\$ 3,00 em feiras de bairros centrais da capital do estado.

No entanto, iniciativas promovidas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio e Secretaria de Pesca e Aquicultura do Pará – SEPAQ objetivam aprimorar novas técnicas de acondicionamento no transporte do caranguejo-uçá no uso de basquetas, em conformidade com a Instrução normativa N°09-MPA e difundir esta tecnologia para o grupo de pescadores de caranguejo das RESEX Marinhas do Pará, visando a sustentabilidade na exploração deste recurso pesqueiro. Nesse sentido, houve aumento do preço médio do caranguejo recebido pelos pescadores, em decorrência do aumento do tempo de vida dos indivíduos e forte queda de mortalidade

obtida pelo novo procedimento (FILHO et al., 2014).

Considera-se neste trabalho os resultados obtidos através dessas ações de capacitação de tiradores de caranguejos nas áreas de manguezal das RESEXs do nordeste paraense. Somadas 27 feiras organizadas, cerca de 35.500 caranguejos foram comercializados, com uma mortalidade media de apenas 4,9%, e o índice de resistência maior que 95%. (FILHO et al., 2014).

**Figura 5 - Nova técnica de acondicionamento no transporte do caranguejo-uçá e participação dos extrativistas em feiras organizadas para comercialização, respectivamente.**

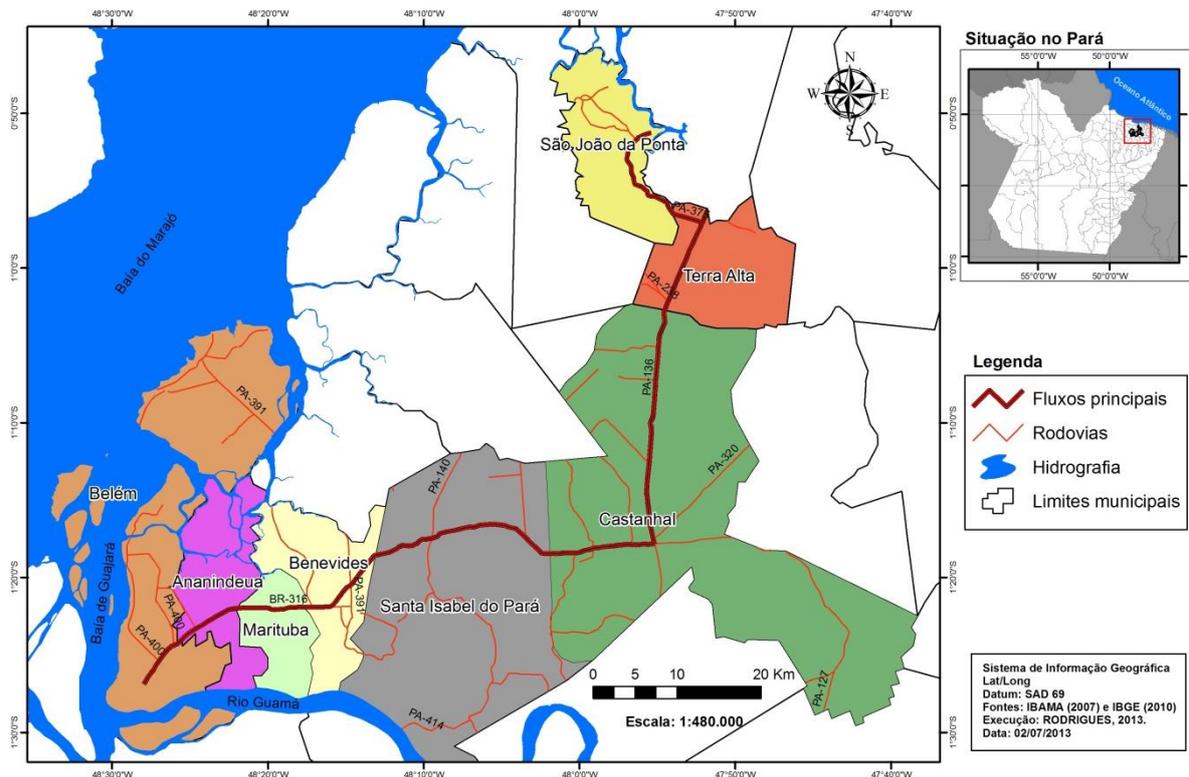


Fonte: Vergara Filho, 2016.

Quanto a comercialização do pescado, não foi possível encontrar dados ou indícios de comercialização a partir de uma dinâmica de fluxos de circulação do produto. Pois o que se identificou em campo foi a comercialização dos pescados nas próprias comunidades. Sendo assim classificada a atividade pesqueira no município como de consumo local ou próprio.

## **MAPEAMENTO DA DINÂMICA DOS PRINCIPAIS FLUXOS DE PESSOAS E PRODUTOS DE SÃO JOÃO DA PONTA NA ATUALIDADE**

A produção é levada pelos próprios agricultores, catadores de caranguejo, pescadores em caminhões, ônibus, carros menores para serem negociadas diretamente com os consumidores, principalmente nos municípios de Castanhal e Belém, numa viagem que leva em média duas horas para Belém e metade do tempo para Castanhal. Conforme se observar no mapa com escala de 1:480.000 (figura 6).

**Figura 6 - Principais fluxos dos produtos agrícolas São João da Ponta na atualidade.**

Existe também a negociação entre o produtor e os atravessadores. Nesse tipo de negociação, o pequeno produtor, sente-se obrigado a vender seus produtos por preços bem abaixo do mercado deixando de ganhar mais se fosse vender seu produto diretamente com o consumidor sem a intermediação do atravessador.

Sobre essa relação é bastante significativo o exemplo contido na letra de Carimbó de autoria do extrativista do caranguejo, o senhor Lázaro Favacho da Costa:

Serviço do caranguejo é um serviço pesado,  
 cabôco trabalha o dia, a tarde pede fiado.  
 Dinheiro que é bom no bolso não tem,  
 Espera o patrão que ele chega de Belém.  
 O patrão chega de Belém precisa tomar cuidado,  
 o freguês vai prestar conta, caranguejo vendeu fiado.  
 Assim não dá  
 Assim não dá  
 A gente estripa tanto  
 dinheiro não tem pra dá.  
 (LÁZARO DA COSTA, entrevista oral, 26/08/2011).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o presente estudo foram realizadas entrevistas semiestruturadas junto às comunidades do município estudado. Através dessas entrevistas foi possível construir uma base de dados georreferenciada que deu subsídios para elaboração da cartografia da dinâmica comercial do passado, muito viva nas memórias dos moradores mais antigos

que vivenciaram sua época, em especial, pescadores, comerciantes, agricultores. A partir de seus conhecimentos expressos em narrativas orais, foram desenvolvidas representações cartográficas a partir do uso das geotecnologias, que evidenciou a área de estudo, a produção agrícola e a dinâmica comercial local antes da abertura da Rodovia PA-375 na década de 50 e as mudanças decorrentes da implantação da mesma no contexto socioeconômico local, introduzindo novos atores na intermediação dessa economia como a RESEX na figura institucional do ICMBio, promovendo o reconhecimento e a valorização dos conhecimentos tradicionais, através de inovação e incentivos para comercialização do caranguejo-açú na atual dinâmica econômica do município a partir de práticas inovadoras de armazenamento e transporte. Nota-se também o desaparecimento de produtos importantes no passado como a casca de mangue e a malva, por exemplo, outrora muito importantes para dinâmica econômica dessas comunidades. Além da incipiente produção da farinha de mandioca na atualidade em comparação com a grande produção e exportação do produto, conforme é expresso nas recordações dos moradores mais idosos.

A descrição resultante nas falas desses moradores, a partir da memória coletiva, nos dão evidências para um possível desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica, cujo banco de dados gerados possa subsidiar a elaboração de mapas temáticos forjados na relação entre os conhecimentos tradicionais e os científicos. A partir desse proposto foi possível uma análise das mudanças ocorridas no decorrer do tempo quanto ao uso das terras correspondentes ao atual município, além de revelar a configuração espacial desses espaços agrícolas e suas conseqüentes dinâmicas comerciais.

Nesse contexto, é interessante destacar o desenvolvimento das pesquisas acadêmicas quando estas são realizadas a partir de abordagens multidisciplinares, tendo em vista, que a interação de diferentes saberes, proporciona o substancial aumento da percepção analítica dos pesquisadores, e logo, o transitar das pesquisas a partir do diálogo entre os mais variados ramos do conhecimento.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. **Caracterização dos aspectos socioambientais e econômicos da reserva extrativista de São João da Ponta e proposta de estudos complementares.** São João da Ponta, 2010.

DIEGUES, A.C.; ARRUDA, R.S.V. (Orgs.). **Saberes tradicionais e biodiversidade no Brasil.** São Paulo: NUPAUB-USP: MMA, 2000.

CÂMARA, G. et al. **Introdução à ciência da geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://urlib.net/6qtX3pFwXQZ3ukuKE/BQGus>>. Acesso em: 02 fev. de 2016.

FILHO, W.L.V. et al. **Conhecimento tradicional é aliado na implementação de nova técnica de transporte de caranguejo-uçá.** In: Práticas inovadoras na gestão de áreas protegidas, gestores empreendedores: inovação na gestão de Unidades de Conservação. Org. Gilceli Alves Menezes et. al. ICMBio, n. 1, p.81-83, 2014. Disponível em: <[http://www.icmbio.gov.br/praticasinovadoras/images/stories/publicacoes/2014/publicacao\\_praticas\\_2014a.pdf](http://www.icmbio.gov.br/praticasinovadoras/images/stories/publicacoes/2014/publicacao_praticas_2014a.pdf)>. Acesso em: 20 abr. de 2016.

FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

IBGE. Cidades. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default2.php>. Acesso em: 02 de fev. 2016.

GONÇALVES, A.C.O. da. **Desenvolvimento territorial em unidades de conservação : o caso da RESEX marinha de São João da Ponta – PA.** 2012. 119 p. Dissertação (Mestrado em geografia) - Programa de Pós- graduação em Geografia – UFPA, Pará, 2012.

LOZANO, J.E.A. **Prática e estilos de pesquisa na história oral contemporânea.** In: Uso & Abusos da História Oral. Org. Marieta de Moraes Ferreira e Janaína Amado, 2005.

MARANDOLA, J.A.M.S. O Geógrafo e o romance: aproximações com a cidade. **Geografia**, v. 31, n. 1, p.61-81, 2006.

OLANDA, D.A.M; ALMEIDA, M.G de. **A geografia e a literatura: uma reflexão.** Geosul, v. 23, n. 46, p. 7-32, 2008.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo – razão e emoção.** 4 ed. São Paulo: Edusp, 2002.

RODRIGUES, W.L.J. **Memórias de São João da Ponta a partir de narrativas orais.** 1ª ed. - Belém: GEPPAM/UFPA, 2013.

VOLDMAN, D. **Definições e usos.** In: Uso & Abusos da História Oral. Org. Marieta de Moraes Ferreira e Janaína Amado, 2005.

## CAPÍTULO 5

**O USO DAS GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AOS ESTUDOS DA  
RELAÇÃO ENTRE GEOGRAFIA E LITERATURA: O MAPA  
GEOLITERÁRIO DA CIDADE DE BELÉM DO PARÁ***Walter Luiz Jardim Rodrigues**Viviane Corrêa Santos**Márcia Aparecida da Silva Pimentel*

**RESUMO:** As produções literárias (romances, contos, crônicas e poemas) abrigam em suas páginas uma variedade de informações sobre pessoas, fatos e lugares no tempo e no espaço. Sendo pouco explorados neste sentido, os estudos de produções literárias associadas à pesquisa científica podem ser muito úteis para diversos ramos do conhecimento. Neste sentido, este capítulo pretende contribuir com uma abordagem metodológica para apreensão do espaço geográfico através de produções literárias. Para isso, parte-se da análise do espaço geográfico da cidade de Belém do Pará da década de 1920, descrita no romance “Belém do Grão-Pará” do escritor Dalcídio Jurandir, e compara-se com a atual organização espacial da cidade a partir do uso das geotecnologias para espacializar, identificar, analisar e representar o espaço através de mapas temáticos processados e gerados a partir de dados geoliterários.

**Palavras-chave:** Geografia e literatura; Geoprocessamento; Espaço urbano; Belém do Pará.

**INTRODUÇÃO**

A geografia tem como objeto de estudo o espaço geográfico. Falar de espaço geográfico em geografia é falar da construção de um produto histórico, surgido das relações entre a sociedade e a natureza. Considera-se nesse trabalho que os textos literários são documentos que registram as práticas sociais de um determinado contexto histórico e trazem em si as marcas das práticas sociais de diversos grupos que viveram e se relacionaram. Essa relação tem como produto a própria construção do espaço.

A paisagem é traduzida por um conjunto de formas de um determinado tempo e que a mesma nos revela sucessivas relações localizadas entre o homem e a natureza. É é nessa perspectiva que Santos (2002) define o conceito de espaço como sendo as formas e a vida que as anima.

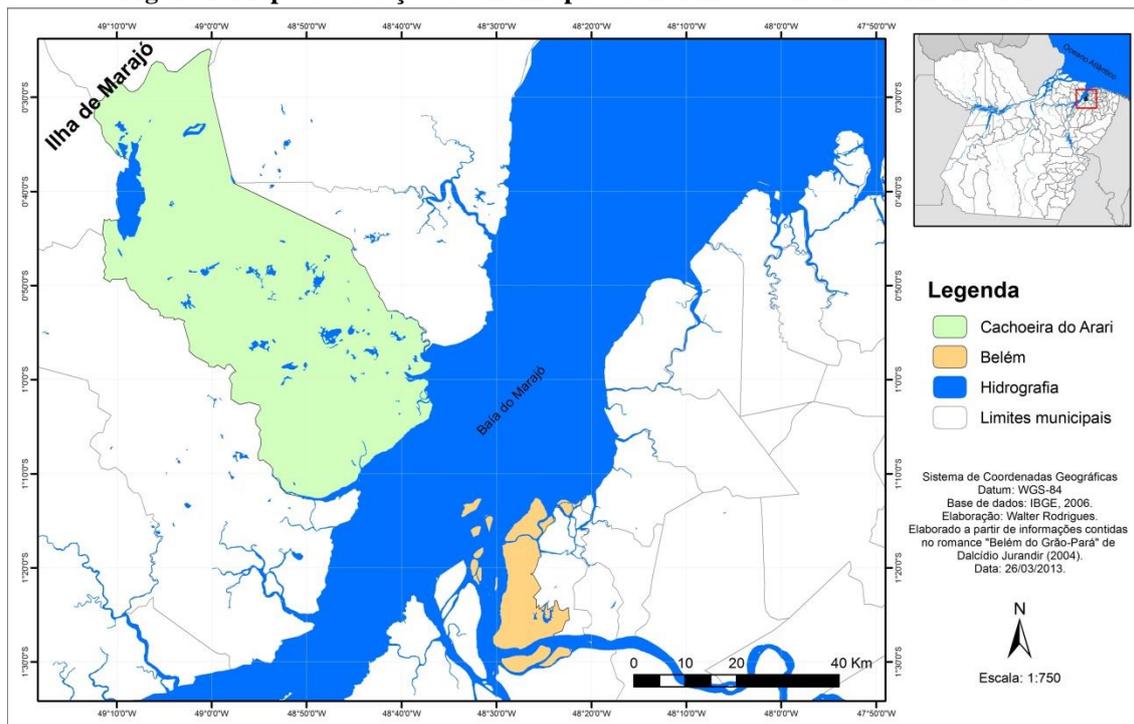
Portanto, este trabalho baseia-se tanto em pesquisas de caráter objetivo como numa subjetividade artística materializada em obra literária para representar o espaço vivido, o lugar. Nessa perspectiva, considera-se que os textos literários são importantes materiais de análises geográficas. Neles podemos reviver o passado como se estivéssemos no presente e projetar ações futuras.

Tal especificidade leva o conhecimento científico para outro patamar, pois acaba por revelar detalhes sobre a organização espacial, o cotidiano das pessoas, seus fluxos/fixos, economia e etc. A literatura nessa perspectiva surge como uma disciplina que pode somar de forma enriquecedora às interpretações científicas da sociedade.

O romance “Belém do Grão-Pará”, escrito pelo paraense Dalcídio Jurandir e publicado pela Livraria Martins Editora em 1960 nos apresenta, através das experiências perceptivas das personagens, e neste estudo elencamos a personagem Alfredo, a configuração social e espacial da cidade de Belém do Pará dos anos 20 do início do século XX.

Alfredo, um menino recém-chegado do interior do estado, desembarca no cais da feira-livre do Ver-o-Peso para habitar aquela cidade, até então um enigma a ser desvendada, para continuar os estudos iniciados em Cachoeira, sua cidade de origem (Figura 1). Assim, Alfredo, ficará agregado na casa da família Alcântara, personificação da decadência de uma classe econômica, que assim como a cidade, procurava viver das aparências e da opulência do passado.

As primeiras impressões do menino interiorano, Alfredo, sobre a paisagem e o território da capital, são contraditórias a geografia ouvida de sua mãe ainda no chalé em Cachoeira, e com a qual o menino sonhava. O espaço urbano de Belém surge frio, indiferente, repulsivo, “mas que depois, feito uma fêmea sedutora, fascina-o” (NUNES, 2007, p. 133).

**Figura 1. Mapa de situação dos municípios de Belém e Cachoeira do Arari – PA**

Entende-se a obra dalcidiana como socialmente construída refletindo através de suas relações exteriores o “mundo” de sua época. Sua literatura capta e retém esse passado no presente, inclusive em algumas particularidades, através dos sentidos. Ora, se o tempo-presente de um tempo-passado é preservado e documentado através da escrita, o mesmo perdura por anos e anos ecoando o passado no presente através de infraestruturas fixas representadas na paisagem.

Essas paisagens descritas em obras literárias e assentadas sob as infraestruturas reais espacializadas e preservadas no presente, refletem uma dinâmica da paisagem perpassada entre os campos do conhecimento científico e artístico e entendidas de forma combinada.

O tempo e o espaço durante a leitura do romance se associam e se comparam em alguns momentos. Subitamente, numa esquina ou num apito do trem, o leitor é transportado para o chalé da família de Alfredo em Cachoeira para logo em seguida estar ali no quintal da família Alcântara, em Belém, ouvindo os passarinhos. O apito do trem que passa na Gentil Bittencourt é comparado aos dos barcos (as canoas “Lobato” e a “Guilherme”) que Alfredo percebia do chalé em Cachoeira. O que leva o menino a pensar: “[...] Vinha, com efeito, morar à margem de outro rio?” (JURANDIR, 2004, p. 97). A memória da infância vem assim se misturar com suas primeiras impressões sobre a cidade.

Alfredo parecia não ter viajado no bonde e sim o barco ainda. A rua era um rio ondulante. [...] E estava ali, em Belém, na casa 160, tudo rapidamente como se tivesse vindo num vôo. Os pés, porém, continuavam no chão cachoeirense, fincado nos campos, tocando por alguns minutos na sepultura da irmã ou no barro quente de sol e das mãos de Andreza. [...] Um trem apitou e passou, vagorosamente, arrastando-se, fazendo a casa, de leve, estremecer. Alfredo arriscou um olhar pela janela, um tem pela primeira vez. Quase o mesmo apito que ouvia das lanchas no chalé. Em vez de barcos, da “Lobato” e da “Guilherme” passavam trens. Vinha, com efeito a morar à margem de outro rio? (JURANDIR, 2004, p. 95-97).

A proposta deste trabalho é fazer uma leitura do romance “Belém do Grão-Pará”, levantando dados geográficos presentes na literatura dalcidiana, que nesse ensaio estaremos denominando e organizando como dados geoliterários. Esses dados geoliterários serão organizados a partir da percepção da paisagem registrada no ver, viver e sentir a cidade das personagens expressos na citada obra e cristalizados no discurso do narrador. E assim, finalizarmos com uma representação cartográfica literária do espaço urbano da cidade de Belém dos anos 20.

Para isso, se fará uso das Geotecnologias, mais especificamente, o geoprocessamento, que será aplicado como ferramenta à análise e representação cartográfica do espaço geográfico descrito no romance. Pois, a leitura do texto dalcidiano, no plano ficcional, nos remete a cartografia, ao desenho das principais vias de circulação da cidade, da localização espacial dos prédios públicos, aos trajetos feitos pelos bondes elétricos e trens, entre outros elementos da paisagem da época. O que nos permite facilmente, segundo Paulo Nunes (2007), visualizar os contornos de um espaço urbano acostumado à fartura do período gomífero, sendo agora obrigado a viver de outros recursos.

Através das leituras da paisagem de uma determinada época, as quais estão abrigadas em textos literários, é possível visualizarmos a sociedade e a natureza em intrínseca relação. A paisagem considerada pelo viés geoliterário, faz-se uma rica fonte de estudos geográficos, pois a descrição das particularidades de uma paisagem levaria sempre em conta a experiência humana. As possibilidades de estudos que podem ser desenvolvidos a partir dos estudos geoliterários são diversas. E é na aplicação cartográfica que veremos essa integração entre o conhecimento geográfico e os conhecimentos literários unidos intrinsecamente.

## A PAISAGEM LITERÁRIA DE BELÉM DA DÉCADA DE 20 NO ROMANCE “BELÉM DO GRÃO-PARÁ”.

A seguir, serão apresentados trechos da obra “Belém do Grão-Pará”, onde a cidade será descrita a partir das observações da personagem Alfredo:

[...] Agora, o barco descansava naquele abrigo, ao lado do Necrotério, liberto do mau tempo. Preferia que tivesse atracado do lado das quatro torrinhas do Mercado de Ferro, que davam a Alfredo a impressão das casas turcas vistas no *Dicionário ilustrado*. Ou perto das canoas de peixe, ou na escada junto às embarcações de mel, alguidares, jarros, urinóis de barro? Vermelhos urinóis de barro cozendo ao sol. Mas o “São Pedro”, como todas as embarcações do Arari, encostava sempre do lado do Necrotério, a proa olhando os velhos sobrados comerciais que se inclinavam sobre a pequena praça para saudar, à maneira antiga, as canoas que entravam e saiam (JURANDIR, 2004, p. 79)

Alfredo, na companhia de sua mãe, dona Amélia, agora adentra a cidade, seguindo o trajeto de bonde até a casa da família Alcântara, na avenida Gentil Bittencourt, onde residirá.

No bonde, Alfredo recolheu-se, sem mais aquela sensação de que o elétrico, com sua velocidade e rumor, quebrava a vidraça das janelas, impressão esta que levava de Belém quando pixote e sempre recordada em Cachoeira.

Até que o bonde ia vagaroso.

E meio sujo, seus passageiros afundavam-se num silêncio e apatia indefiníveis. Pareciam fartos de Belém enquanto seguia com uma crescente gula da cidade. O bonde cuspiendo gente, mergulhava nas saborosas entranhas de Belém, macias de manguieras [...]

Passaram pelo Largo de Nazaré, a Basílica em tijolos ainda, a antiga igreja ao lado. Cobrindo o Largo, mais monumentais que a Basílica, as velhas sumaumeiras. À esquina da Gentil com a Generalíssimo, saltaram. A cidade balançava ainda. Ou estava tonto com os cheiros de Belém? (JURANDIR, 2004, p. 93-94)

No trecho a seguir, Alfredo, guiado por Libânia, criada da casa dos Alcântara, explora praticamente toda área central de Belém, descrevendo o que sua percepção extraiu do trajeto.

Na mesma tarde, um sábado, Emília mandou Libânia ao “point a jour”, na Dr. Moraes [...]

E da Dr. Moraes, sem lhe dizer nada, Libânia levou ele ao Largo da Pólvora. Alfredo reconheceu velhas fotografias de sua intimidade: o Teatro da Paz, o Grande Hotel, a estátua da República, todo o “Álbum Comemorativo do Centenário de Belém” de corpo presente [...] [Libânia] tentava divertir-se um pouco com a matutice do companheiro, mas este se guardava, cauteloso, adivinhando a intenção dela, embora antes quisesse compreender que este passeio era em homenagem ao Quadro de Honra. Ele fingia conhecer Belém de muito tempo; no fundo era quase certo. Folheara tantas vezes o Álbum Comemorativo, vira tantas revistas, e jornais, que Belém...

– Aposto que tu nunca tomou um sorvete. Nunca, hein?

Ele parou, confuso. Libânia havia chamado o sorveteiro [...]

Comprou dois sorvetes [...]

Libânia ia, às vezes, ao lado dele e logo à frente, rápida, chupando o sorvete devagarinho para não acabar depressa, ralhava:

–Te esconde aí, sol. Não derrete o meu sorvete. Deixa render...

Fechava os olhos, lambendo o sorvete, de leve, rosto virado para o sol, vermelha e suada [...]

Entraram na Serzedelo Correia. Antes Alfredo pôde ver a grande mágoa de dona Inácia: o edifício d' "A Província", queimado, só paredes, o poder do velho Lemos comido pelo fogo, cheio de mato.

– Madrinha Inácia vem chorar sempre aqui neste cemitério? Indagou ele, gracejando.

– Te aquieta... Quietinho, sinzinho? Menos confiança com a madrinha mãe, rapaz.

Rapaz, repetiu ele, mentalmente. Ela disse: rapaz. Chegaram a Conselheiro Furtado. Rapaz. Rapaz. Defrontou-se com o cemitério da Soledade, do tempo da monarquia, fechado, o cemitério da varíola, da febre amarela [...]

Libânia benzeu-se, se lembrando do que lhe falava a madrinha-mãe sobre os fantasmas varilosos. Estes, alta noite, costumavam sair do Soledade e rondar o bairro, passeando em caleches, espiando atrás das mangueiras, o trem do Curro passar, rouco e esfalfado, sangrando sobre os trilhos roídos.

Como sempre costumava, quando ia comprar ervas e cheiro-cheiroso no Ver-O-Peso, seguindo o trilho do trem e depois o trilho do bonde, Libânia agora ziguezagueava entre as palmeiras da 16 de Novembro, quase a correr – que agonia – como se o rio lá adiante a chamasse. [...]

E [Alfredo] voltou a olhar as torres e os mastros, o rio e as mangueiras do Largo do Palácio.

- Vem cá um pouco.

[Libânia] Segurou a mão dele e o levou até a igreja de Santo Alexandre, junto do Arcebispado. Daquele casarão, afirmou Libânia, saíam os padres. Alfredo teve um arrepio: era uma escuridão lá por dentro! Para o menino, a igreja pareceu feita de uma pedra só (JURANDIR, 2004, p. 129-133).

Alfredo e Libânia chegam ao Ver-o-Peso e observam um fenômeno natural que ocorre até os dias de hoje em Belém, a maré de sizígia, em Março, que inunda as ruas próximas ao Ver-o-Peso.

Viva a maré de março visitando o Mercado de Ferro, lojas e botequins, refletindo junto ao balcão os violões desencordoados nas prateleiras. Os bondes, ao fazer a curva no trecho inundado, navegavam. As canoas no porto veleiro, em cima da enchente, ao nível da rua, de velas içada, parecia, prontas a velejar cidade adentro, amarrando os seus cabos nas torres do Carmo, da Sé, de Santo Alexandre e nas sumaumeiras do arraial de Nazaré (JURANDIR, 2004, p. 133).

O romance, no capítulo 15, alcança os limites mais afastados do centro de Belém dos anos 20, os bairros de São Braz e do Marco da Légua, quando Libânia leva Alfredo até a casa da bordadeira, na Castelo Branco, lá onde o menino percebe uma paisagem contrastante com as paisagens do centro da cidade. Nesse trajeto feito a pé sobre os trilhos do aterro do trem, a paisagem é percebida conforme o trecho a seguir:

- Vamos, aquelezinho. Vamos na bordadeira.

[...] De um lado, estava a Fábrica de Cerveja com a chaminé e o nome no paredão branco. Do outro, a baixa, bois, valas, casebres, homens ceifando capim, meio atolados, com este e aquele vagalumeio de foice. Ninguém no aterro do trem. Os dois caminhavam de mão seguras no trilho do trem. [...]

O chão, sob o jasmineiro, salpicado de jasmims, era um acolhimento. Alfredo tinha atravessado aquele palhoçal pobre da Castelo Branco, saltando lama e valas, ladeando capinzais e lixo, roupas quarando no meio da rua, linhas de

papagaio que os meninos empinavam, pupunhas cozidas à venda nas janelinhas. Tacacazeiras montavam suas panelas e bancos na esquina. Uma nuvem de chuva despencou, chiando nas palhas e zínco da rua. Nas barracas de chão, viam-se meninos de olho remelentos, mulheres costurando, amarelidão de paludismo e partos recentes, velhinhas vergadas sobre a almofada de renda, a peneira de tapioca, o cabelo piolhento da neta que berrava. (JURANDIR, 2004, p. 205-208).

Ainda no capítulo 15, Libânia, ao descobrir um tostão no bolso do companheiro, o convida para pegar um bonde até o Bosque Rodrigues Alves, que ficava no limite da cidade de Belém dos anos 20, limite conhecido como primeira légua patrimonial da cidade. Nesse trajeto, é possível analisar, através da percepção da paisagem descrita no romance, a cultura de hortaliças no trecho entre o Mercado de São Braz e o Bosque, demonstrando assim o aspecto rural da paisagem na cidade.

[Alfredo] Remexeu o bolsinho. Estava ali uma moeda de tostão. Pequenininha, velha, ansiosa de circular. [...]  
- [...] Olha, o Demônio me meteu na cabeça que devo ir contigo agora-agora no Bosque. [...]  
Apanharam um bonde. [...]  
O bonde, com um ruído surdo, corria muito, às vezes como suspenso no fio elétrico, voando no ardor da tarde, com o azul do céu saindo e entrando pelos bancos e passageiros. Libânia saboreava a viagem, apontando ruas, coisas, o homem regando as couves na horta onde o boi olhava o bonde.  
Ali estava o Mercado de São Brás. Adiante os campos do Clube do Remo e do Paysandu Sport Club, tudo muito conhecido de fotografia e de imaginação. De certo modo, os campos de futebol, naquela rápida passagem do bonde, o desapontavam. Talvez porque, no seu imaginar, deveriam ser mais bonitos, mais seus. Ali, na realidade, pareciam distantes, fugitivos, inacessíveis, destoando dos modelos imaginados, tão mais sólidos na fantasia do Alfredo.  
Entraram no Bosque. Libânia largou-se de dele, desaparecendo entre as árvores como caça perseguida.  
Alfredo tinha um passo lento e curioso.  
O silêncio e a sombra o levavam para a espessura.  
Parou intimidado. Longe, era a voz de Libânia, trespassada de folhagem, pássaros e resinas, a que se misturavam as vozes de Andreza, estórias de Lucíola, o riso de Clara, a flauta do baile das moças pobres do chalé. Voz de que chama no mato. Era então aquele Bosque Rodrigues Alves? Aquela areinha no chão, os coretos, os balanços, aquele pavilhão.  
Libânia chamava-o (JURANDIR, 2004, p. 210-212).

A partir dos trechos transcritos da obra, podemos afirmar que o conceito de paisagem na obra de Dalcídio Jurandir se aproxima da abordagem relacionada à descrição da paisagem e, por conseguinte, do conceito de paisagem geoliterária. Esses dados literários nos servirão em conjunto com dados geográficos de subsídios para a análise, processamento e representações da dinâmica da paisagem belenense narrado no espaço-tempo do romance a partir de uma cartografia geoliterária.

## LITERATURA E GEOPROCESSAMENTO: METODOLOGIA DE ANÁLISE GEOGRÁFICA

Para Câmara et al. (2001) o desenvolvimento simultâneo da tecnologia de Informática, possibilitou o armazenamento e a representação de dados geográficos em ambiente computacional, outrora desenvolvidos apenas em documentos e mapas de papel, o que impedia uma análise combinatória de mapas e dados. Esse desenvolvimento da tecnologia de Informática abriu caminhos para o surgimento do que viria a ser chamado de Geoprocessamento.

Assim, esta nova disciplina do saber, trataria da informação geográfica utilizando-se de técnicas matemáticas e computacionais. Para se trabalhar essas informações geográficas em ambiente computacional, foram criadas as ferramentas chamadas de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Estas ferramentas permitiriam realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes, criando assim os bancos de dados georreferenciados. E ainda torna possível a automatização da produção de documentos cartográficos (CÂMARA et al., 2001).

Conforme Fitz (2008, p.23), o SIG seria definido como:

[...] um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido.

Sendo o geoprocessamento uma técnica transdisciplinar, diversas são as ciências que se beneficiam de seu uso através dos trabalhos de localização dos fenômenos e equacionamento e esclarecimento das condições espaciais.

Nesse sentido o Geoprocessamento é:

uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados (ROCHA, 2000 apud FITZ, 2008, p. 24).

Levando em consideração o caráter interdisciplinar do Geoprocessamento e sua capacidade de integração das mais variadas disciplinas através da localização e do processamento de dados geográficos, busca-se neste tópico do artigo, a integração do Geoprocessamento à análise e a representação cartográfica do romance “Belém do Grão-Pará” sob a percepção da personagem Alfredo, que através de suas andanças pela

capital, a espacializa; ou, no dizer de Nunes (2007, p. 132): “[...] fica a certeza de que a literatura abre-se à cartografia de uma cidade equatorial”.

Para confecção dos mapas geoliterários foram consultados mapas temáticos de Belém do Pará dos anos 20 a fim de identificar o traçado de ruas, avenidas. E a partir das imagens obtidas pelo software gratuito Google Earth e dos dados vetoriais georreferenciados da Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM), foi possível comparar os logradouros atuais com os da época que trata o romance e assim projetar os mapas levando em consideração os métodos de representação cartográfica qualitativa.

Essas representações qualitativas são empregadas para mostrar a presença, a localização e a extensão das ocorrências dos fenômenos que se diferenciam pela natureza e tipo, podendo ser estabelecidos pelas ciências que estudam tais fenômenos (MARTINELLE, 2003).

Os fenômenos podem ser representados, conforme suas ocorrências, em pontos, linhas e áreas. Na manifestação pontual, usamos a variação de forma para representar os espaços visitados pelas personagens do romance. Para representar a manifestação linha, usamos a variação de forma para descrever os trajetos de personagens e transportes públicos da época. Já na manifestação zonal, utilizamos cores (MARTINELLI, 2003).

Foi utilizado ainda o software ArcGis 9.3, para estruturação da base de dados geográficas para as posteriores confecções de mapas temáticos.

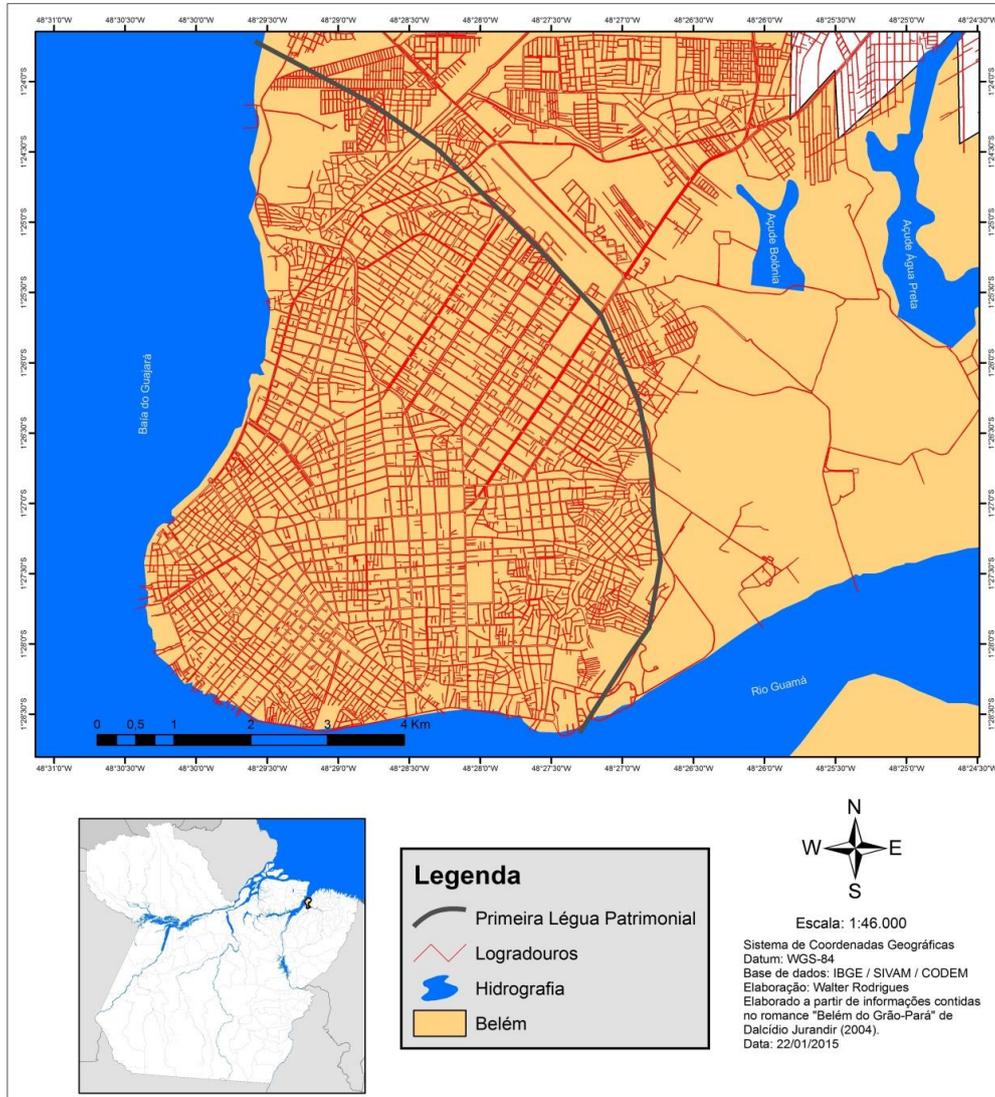
A percepção da paisagem e a resultante descrição da mesma no discurso do narrador dão evidências para um possível desenvolvimento de um Sistema de Informações Geográficas, cujo banco de dados gerados possa subsidiar a elaboração de mapas temáticos das obras literárias, ou seja, um mapeamento geoliterário.

## **MAPEAMENTO GEOLITERÁRIO DO ROMANCE “BELÉM DO GRÃO-PARÁ” SOB A PERCEPÇÃO DA PAISAGEM DA PERSONAGEM ALFREDO.**

Para Nunes (2007, p. 184-185), “[...] parte significativa das personagens de Belém do Grão-Pará transita com desenvoltura pelos chãos da cidade que, então, não tinha as medidas geográficas (e às vezes nem a mesma denominação) de hoje”. As

medidas daquela época correspondiam aos limites da primeira légua patrimonial (Figura 2).

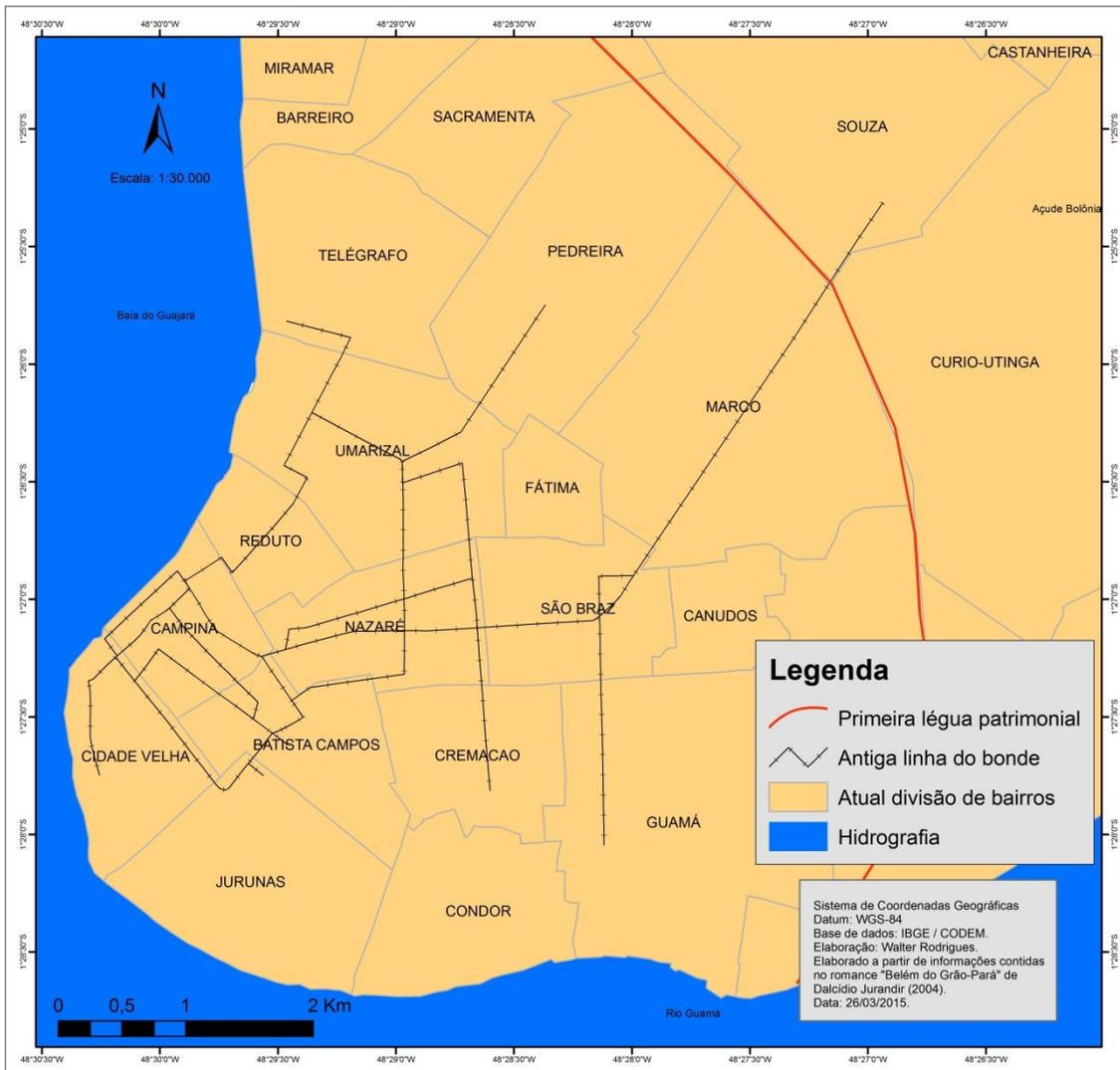
**Figura 2.** Mapa do limite espacial de "Belém do Grão-Pará": a primeira légua patrimonial.



Através da leitura do romance, na perspectiva da personagem Alfredo, e a partir da análise dos trajetos percorridos pela personagem, foi possível mapear o espaço descrito na obra “Belém do Grão-Pará”. Para isso, foi levado em consideração os pontos analisados através da leitura, das pesquisas feitas em trabalhos desenvolvidos, principalmente, pelos estudos desenvolvidos nas áreas das Letras, História e Geografia.

Como exemplo, podemos observar (Figura 3), a representação do traçado da linha do bonde elétrico usado como meio de transporte pela população de “Belém do Grão-Pará”, década de 20, sobre a base cartográfica da atual divisão de bairros do espaço urbano do município de Belém.

**Figura 3.** Traçado da linha do bonde em Belém da década de 20



Assim sendo, as atividades de geração dos mapas temáticos aqui resultantes seguiram as seguintes etapas metodológicas (Figura 4), conforme o esquema a seguir:

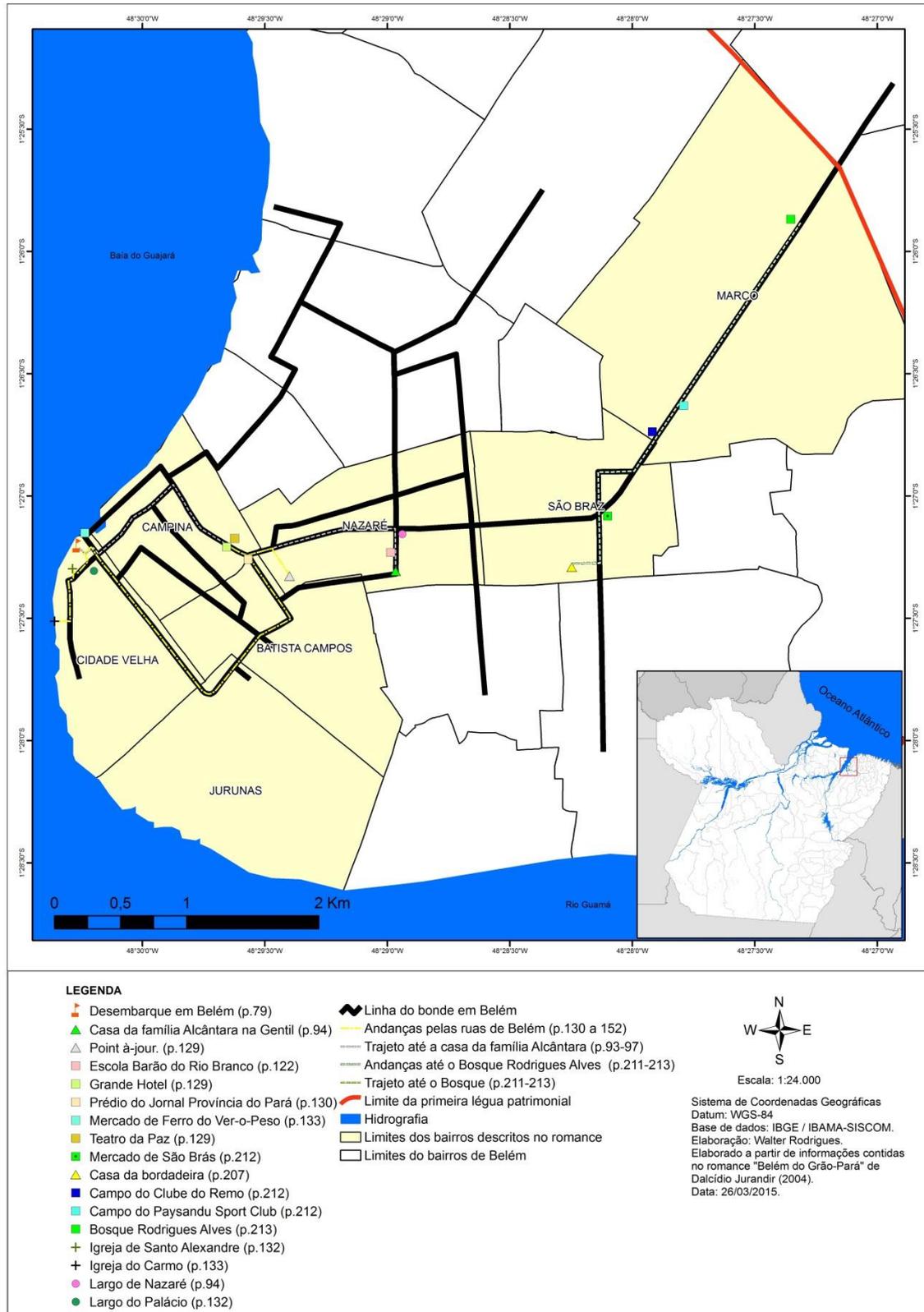
**Figura 4.** Fluxograma da metodologia.

**Fonte:** elaborada pelos autores.

Desse modo, foi possível elaborar um mapa (Figura 5) objetivando localizar os principais pontos descritos no romance para auxiliar na espacialização dos caminhos por onde Alfredo passou, viu, sentiu e viveu a paisagem urbana de sua época.

A seguir, o resultado do mapeamento geoliterário do espaço urbano da cidade de Belém do Grão-Pará, década de 20, através dos dados apontados no romance "Belém do Grão-Pará", elaborado a partir da percepção da personagem Alfredo sobre a base cartográfica da atual divisão de bairros e logradouros do espaço urbana do município de Belém do Pará.

**Figura 5.** Mapeamento geoliterário do romance "Belém do Grão-Pará" de Dalcídio Jurandir (2004)



O mapa geoliterário resultante apresenta uma simbologia definida em pontos, linhas e polígonos a fim de elucidar as informações contidas na obra "Belém do Grão-Pará" de Dalcídio Jurandir. Para cada informação achou-se importante indicar a

numeração da página correspondente no romance. A legenda indicando cada ponto, trajeto, bairros percorridos pelas personagens da obra facilita a apreensão desses lugares e a sua respectiva comparação entre os espaços de um tempo anterior em comparação aos espaços dos tempos atuais. Fazer essa comparação de tempos e espaços diferenciados a partir de uma cartografia comparativa a partir de mapeamentos geoliterários nos permite visualizar a construção e evolução do espaço geográfico, seus processos, suas formas e arquiteturas, sua organização política e social, seus costumes e culturas.

A aplicação do mapeamento geoliterário nos estudos geográficos é uma possibilidade a ser considerada, uma vez que os romances nos oferecem subsídios para análises integradas. Sem contar o prazer proporcionado pela leitura dos textos literários.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste artigo, buscou-se apresentar uma abordagem geográfica e literária (geoliterária) do espaço urbano da cidade de Belém do Pará, década de 20, descrita no romance “Belém do Grão-Pará” de Dalcídio Jurandir, e a partir daí, aplicar o uso do geoprocessamento como ferramenta para a espacialização e análise do espaço urbano de uma época passada através do que nesta pesquisa denominou-se de mapeamento geoliterário a partir do romance urbano.

Desse modo, buscou-se analisar a partir dos estudos da paisagem geográfica descrita na citada obra literária a possibilidade de aplicação da literatura às pesquisas relacionadas aos estudos da paisagem urbana. A descrição resultante nos textos literários, a partir da paisagem percebida pelas personagens e narrador, dão evidências para um possível desenvolvimento de um Sistema de Informações Geográficas, cujo banco de dados gerados possa subsidiar a elaboração de mapas temáticos de obras literárias, ou seja, um mapeamento geoliterário.

Acredita-se que os estudos da percepção da paisagem na interface da Geografia e Literatura somada as ferramentas do Geoprocessamento, advindo da aplicação da Literatura através dos mapas geoliterários, possam ser muito úteis não somente para a linha de pesquisa da Geografia e Literatura, mas para diversos ramos do conhecimento, como por exemplo, aos estudos desenvolvidos pela História, Turismo, Arquitetura e Urbanismo e áreas afins. Nesse contexto, é interessante destacar o desenvolvimento das pesquisas acadêmicas quando estas são realizadas a partir de abordagens

multidisciplinar, tendo em vista, que a interação das diferentes ciências, proporciona ao substancial aumento da percepção analítica dos pesquisadores, e logo, o transitar das pesquisas a partir do diálogo entre os mais variados ramos da ciência.

## REFERÊNCIAS

CÂMARA, G. et. al. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://urlib.net/6qtX3pFwXQZ3ukuKE/BQGus>>. Acesso em: 02 fevereiro de 2016.

FITZ, P.R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

JURANDIR, D. **Belém do Grão-Pará**. Belém: EDUFPA; Rio de Janeiro: Casa Rui Barbosa, 2004.

MARTINELLI, M. **Cartografia temática: caderno de mapas**. São Paulo: EDUSP, 2003.

NUNES, P.J.M. **Útero de areia, um estudo do romance “Belém do Grão-Pará”, de Dalcídio Jurandir**. Tese (Doutorado em Letras) – Belo Horizonte: PUC, 2007.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo – razão e emoção**. 4 ed. São Paulo: Edusp, 2002.

## CAPÍTULO 6

**GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO USO E COBERTURA DO SOLO: O CASO DA CIDADE DE BELÉM/PA**

*Francisco Helter Fernandes do Amaral*

*Viviane Corrêa Santos*

**RESUMO:** As técnicas de sensoriamento remoto aliado as de Geoprocessamento encontram-se na vanguarda entre as ferramentas utilizadas para o diagnóstico e monitoramento das formas de uso e cobertura do solo em ambiente urbano. Partindo disso, essa pesquisa tem por objetivo diagnosticar e mapear as distintas formas de uso e cobertura do solo que compõe a cidade de Belém/PA. Para isso foi realizada a identificação, definição e classificação das temáticas de uso e ocupação do solo a partir de técnicas de geoprocessamento. Como resultados foram encontrados sete classes, sendo quatro referentes a formas naturais de cobertura da terra e três referentes a distintas formas de uso. Assim, o estudo ressaltou a aplicabilidade da adoção de tais instrumentos e técnicas para o diagnóstico e mapeamento de distintas configurações naturais ou antrópicas que compõe a superfície da Terra, auxiliando o planejamento adequado desse espaço.

**Palavras-chave:** Classificação; Uso e cobertura da terra; Sensoriamento remoto.

**INTRODUÇÃO**

As formas de degradação ambiental encontram-se atualmente muito relacionadas aos processos de natureza antropizada, sendo destacados aqueles referentes à exploração econômica dos recursos naturais de espaços caracterizados por sistemas ambientais de significativa fragilidade. Dentre esses processos encontram-se a expansão da malha urbana, que por sua vez, quando não planejada, acaba por provocar diversos transtornos sociais e ambientais, como a ocupação ilegal de espaços destinados à conservação ambiental.

Frente a essa realidade, diversos estudos voltados à temática do monitoramento das formas de uso e cobertura da terra têm sido desenvolvidos através da utilização de imagens digitais de sensores remotos e aplicação de técnicas de PDI (Processamento Digital de Imagens) em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas).

Nesse viés, os estudos referentes às formas de uso e cobertura da terra têm ganhado reconhecimento, haja vista a necessidade desses dados para um adequado planejamento territorial e gestão ambiental. Leão et al. (2007) aponta a importância do

diagnóstico das formas de uso e ocupação da terra para ambientes com potencial turístico.

Liu et al. (2014) estabelece que desde 1970 os dados provenientes de sensores remotos orbitais, constituem a vanguarda no fornecimento de informações sobre as características de uso e ocupação da terra. Auxiliando a redução do tempo gasto em trabalhos de campo que muitas vezes sofriam com a impossibilidade de coletar dados devido ao difícil acesso de determinados locais (ANDRADE et al., 2014). Vasconcelos e Novo (2004, p. 488) alerta que “[...] uma das maiores dificuldades encontradas pelos usuários de dados de sensoriamento remoto reside, entretanto, na indisponibilidade de método rápido e preciso para obter mapas de uso e cobertura da terra [...]”.

Os métodos para tal perfil de mapeamento, que estavam polarizados sobre as técnicas de classificação manual e digital<sup>4</sup> não constituiriam técnicas adequadas, devido à inviabilidade do primeiro método, em mapear áreas extensas, assim como da necessidade de intensa correção nas classificações geradas pelo segundo método. Contudo, Vasconcelos e Novo (2004) apontam para o método baseado na classificação por regiões de imagens segmentadas como sendo de boa qualidade para a produção de tal perfil de mapas.

Todavia, ao analisar a literatura sobre a temática dos algoritmos de classificação digital para a produção de mapas de uso e ocupação do solo com adequado grau de acurácia, foi possível encontrar alguns trabalhos desenvolvidos com o objetivo principal de analisar o desempenho dos classificadores, em especial, dos classificadores por região, assim como do método da segmentação, tendo como objeto de pesquisa a região amazônica (ALVES et al., 1995; ALMEIDA et al, 1995). No entanto, apesar dos resultados de tais estudos apresentarem seus resultados como sendo satisfatórios, Oliveira (1999, p. 2) salienta que:

[...] tais pesquisas só testaram o desempenho deste método em regiões pouco heterogêneas, onde predominam grandes propriedades e reduzida variedade de formas de ocupação do solo, não refletindo portanto a enorme quantidade de situações de uso e ocupação existente no país.

Dessa forma, o presente estudo parte da hipótese de que existe uma necessidade em se construir uma cartografia temática detalhada e com adequado grau de

---

<sup>4</sup> Classificação superficionada baseada a partir da leitura e associação individual dos pixels as respectivas classes temáticas segundo fase de treinamento dos classificadores.

representatividade da realidade terrena, que possibilite a produção de um diagnóstico das formas de uso e ocupação da terra. Assim, o presente estudo visa utilizar técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para identificar e mapear as distintas feições de uso e cobertura do solo que constituem a porção continental da cidade de Belém do Pará.

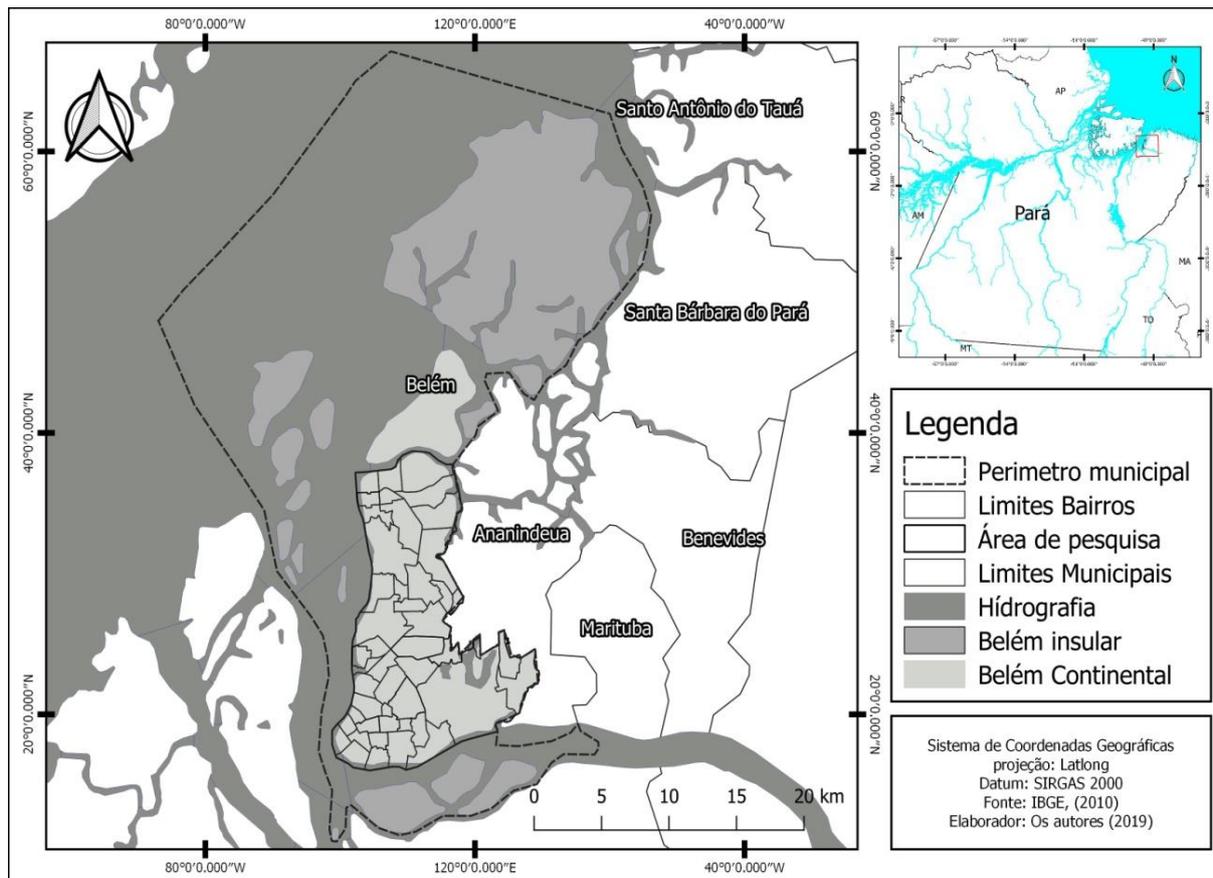
A presente pesquisa justifica-se pelo fato de apresentar uma análise sobre a aplicabilidade dos instrumentos de sensoriamento remoto, assim como de técnicas de geoprocessamento, contribuindo para a compreensão do desafio de monitorar as formas de uso e ocupação da terra, características da região amazônica, que é “sujeita a prolongado período com cobertura de nuvens, difícil acesso, altas temperaturas e umidade, e elevadas frequências de inundação das áreas costeiras”. (FILHO et al., 2005, p. 80).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### Caracterização da área de estudo

A área de estudo do presente trabalho, corresponde ao espaço urbano do município de Belém, capital do estado do Pará (PA), que por sua vez encontra-se localizado na região norte do Brasil, sendo integrante da Amazônia Legal Brasileira. Belém do Pará aparece limitada a oeste pela Baía do Guajará, ao norte pela Baía de Santo Antônio, ao sul pelo Rio Guamá e a leste pelo município de Ananindeua, como pode ser observado conforme a figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização da área de pesquisa.



Essa área é pertencente à região geográfica imediata metropolitana de Belém e a região geográfica intermediária de mesmo nome. De acordo com estimativa do IBGE (2017) para o ano de 2019, esse município deve abrigar uma população estimada em 1.485.732 habitantes distribuída sobre uma área territorial equivalente a 1.059,458 km<sup>2</sup> (SOARES et. al., 2018). Essa área aparece caracterizada por um perfil de elevação relativamente pouco expressiva, 10 metros em comparação ao nível do mar. Costa (1998) complementa que mais da metade da planície continental onde está estruturada a cidade de Belém, aparece possuindo uma cota de 4 m de elevação em relação ao nível do mar.

Para executar a pesquisa, utilizou-se imagens do sensor OLI (Operational Land Imager), abordo do satélite Landsat 8, correspondendo ao período de 07/06/2018 que sofreu melhoramento em 15/06/2018, sendo pertencentes a órbita: 223 e ao ponto: 061. Os critérios adotados para a escolha da imagem foi o de menor cobertura de nuvens, sendo a imagem caracterizada por um percentual de 10% de cobertura de nuvem, essa

foi adquirida de forma gratuita através do portal da United States Geological Survey (USGS).

O Landsat-8 foi o último satélite da família Landsat a ser colocado em órbita pela NASA (National Aeronautics and Space Administration) na data de 11 de fevereiro de 2013 onde foi lançado da base aérea de Vandenberg no estado da Califórnia (EUA). Esse satélite opera a uma altitude de 750 km e em uma órbita heliosincrona, tendo assim, uma inclinação de 98, 2°, conforme (PIRES; FERREIRA JR, 2015).

Abordo desse satélite tem-se os sensores OLI (Operational Land Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor) cujas características são apresentadas no quadro abaixo:

**Tabela 1 - Características técnicas do satélite Landsat 8, sensor OLI e imagens geradas.**

SATELITE	LANSAT 8
Área Imagiada	185 Km
Resolução Radiométrica	12 bits
Periodo de revisita	16 dias
Sensores	OLI (Operational Land Imager) bandas multiespectrais 1-7 e 9 (OLI) Operacional land imager banda pancromática 8
Bandas espectrais	Banda 1 Coastal/Aerosol (0,43-0,45µm) Banda 2. Azul (0,45-0,51µm) Banda 3. Verde (0,53-0,59µm) Banda 4. Vermelho (0,64-0,67µm) Banda 5. Infravermelho Proximo (0,85-0,88µm) Banda 6. Infravermelho Médio-1(1,57-1,65µm) Banda 7. Infravermelho Médio-2(2,11-2,29µm) Banda 8. Pancromática (0,50-0,68µm) Banda 9. Cirrus (1,36-1,38µm)
Tamanho Pixel	30m (demais bandas) 15m (Pancromática)
Sensor	(TIRS) Thermal infrared sensor
Bandas espectrais	Banda 10 - Infravermelho Termal/TIRS 1 (10.6 - 11.19 µm) Banda 11 - Infravermelho Termal/TIRS 2 (11.5 - 12.51 µm)
Tamanho Pixel	100m - tratada e disponibilizada com pixel de 30m

Fonte: Adaptado da United States Geological Survey (2017).

Para realizar as análises de geoprocessamento foi utilizado o SIG SPRING (Sistema de Processamento de Imagens Georeferenciadas), versão 5.4.3, também disponibilizado gratuitamente no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), bem como o software Quanto Gis 2.8.0, que foi utilizado para a confecção dos mapas temáticos. O Software Google Earth Pro também foi utilizado no intuito de verificar a veracidade das classificações geradas, assim como, consulta ao banco de dados do TerraClass e visitas em campo.

## Identificação das formas de uso e cobertura da terra

Inicialmente se deu a confecção de um banco de dados através do Sistema de Informações Geográficas Spring 5.4.3. Onde foram importadas as seguintes bandas: banda 3 (verde), banda 4 (vermelho), banda 5 (infravermelho próximo) com resolução espacial de 30m e a banda 8, pancromática com resolução espacial de 15m. Da mesma forma foram importados os arquivos vetoriais correspondentes aos limites da área de pesquisa. Foi utilizado a projeção LATLONG e o Datum SIRGAS-2000.

Na primeira etapa do Processamento Digital, foi realizado o recorte do perímetro a ser pesquisado, seguido pela reamostragem das bandas 3, 4 e 5 para a resolução espacial de 15m através da transformação IHS-RGB e pela adoção da banda pancromática. Também foi realizada a composição em falsa cor com as bandas já reamostradas, sendo submetidas a técnicas de contraste linear, visando melhorar o contraste das assinaturas espectrais dos objetos.

Posteriormente foi aplicada a técnica de segmentação por “regiões de crescimento”, nesse viés o INPE (2008) coloca a segmentação como sendo o processo de repartição da imagem em regiões que devem corresponder às áreas de interesse da aplicação. Entende-se por regiões um conjunto de "pixels" contíguos, que se espalham de forma bidirecional apresentando certa uniformidade. Para a segmentação foi adotado os seguintes critérios: 5 de similaridade e 10 área de pixel para a imagem do sensor OLI (Operational Land Imagem) de 2017, tendo em vista que entre os diversos critérios testados, esses foram os que melhor satisfizeram a variedade de objetos presentes na área de estudo.

A etapa de processamento das imagens consistiu na definição das classes temáticas, pela consulta ao banco de dados do TerraClass e geração dos pontos aleatórios, que foram visitados durante a análise em campo. Também foram utilizados como dados complementares as imagens de alta resolução proveniente do software Google Earth Pro, sendo estabelecidas as seguintes classes de uso e cobertura do solo: i) corpos-hídricos (c-h): rios, lagos e lagoas naturais e artificiais; ii) cobertura-vegetal (c-v): formação arbórea densa; iii) vegetação-antropisada 1 (v-a 1): áreas antrópicas com cobertura vegetal significativa; iv) vegetação-antropisada 2 (v-a 2): áreas antrópicas com cobertura vegetal escassa; v) construções-adensadas 1 (c-a 1): áreas desprovida de cobertura vegetal, incluindo afloramento rochoso ou com telhado de serâmicas; vi)

construções-adensadas 2 (c-a 2): áreas construídas representando aglomerados de múltiplos objetos, massa asfáltica, concreto, telhados com múltiplos materiais; vii) edificações (edif): objetos com alta reflectância da luz solar, em sua maioria composto por telhados de prédios, edifícios e demais construções com estas propriedades.

Em seguida, sucederam-se as classificações supervisionadas através do classificador Bhattacharya, que se encontra baseado no algoritmo que adota a distância de mesmo nome, para calcular a média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais (JENSEN, 1996). Não sendo dependente apenas dos valores individuais dos pixels, como é o caso do classificador Maxver.

Posteriormente, no intuito de identificar a fidedignidade das categorias de uso e cobertura da terra, foi estruturada no mapa temático, a construção da matriz de confusão, seguindo as recomendações de Congalton (1991), sendo baseada nos Índices Kappa, Exatidão Global e Estatística de TAU (BRITES, 1996 apud VIEIRA et. al., 2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Veracidade da classificação de uso e ocupação do solo

A quantificação de áreas ocupadas pelas diferentes classes temáticas de uso e cobertura da terra, adivindas da classificação supervisionada, se deu pela função calculadora de área, conforme apresentado por Queiroz et. al. (2017). Essa função está baseada na contagem da quantidade de pixels que compõem determinada classe temática de uso e cobertura, que integra a classificação, levando em consideração a resolução espacial da imagem. Com isso foram encontrados os seguintes valores em hectares (ha) (tabela 2).

**Tabela 2 - Quantificação das classes temáticas de uso e cobertura do solo e Hectares.**

Nome das classes TM	Área em ha	Área em (%)
corpos-hídricos:	1.114.200.000	5.97%
cobertura-vegetal	3.888.675.000	20.83%
vegetação-antropisada 1	1.770,885.000	9.49%
vegetação-antropisada 2	3.233.362.500	17.32%
construções-adensadas 1	2.023.267.500	10.84%
construções-adensadas 2	5.986.980.000	32.07%
edificações	651.330.000	3.49%
Área total das classes	18.668.700.000	100.00%

Fonte: Os autores (2019).

Para avaliação do desempenho da classificação supervisionada, foi realizada a construção da matriz de confusão, seguindo a metodologia proposta por Congalton (1991), sendo utilizados 200 pontos amostrais coletados durante atividade em campo.

**Tabela 3 - Matriz de confusão de classificação temática, com o uso de imagens Landsat 8.**

	c-h	c-v	v-a 1	v-a 2	c-a 1	c-a 2	edif	total
c-h	<b>58</b>	1	0	0	3	0	1	63
c-v	1	<b>63</b>	2	0	1	0	0	67
v-a 1	0	1	<b>6</b>	0	0	0	0	7
v-a 2	0	0	1	<b>6</b>	1	0	0	8
c-a 1	0	0	0	0	<b>2</b>	1	0	3
c-a 2	0	0	0	0	3	<b>46</b>	2	51
edif	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>	1
total	59	65	9	6	10	47	4	200
Exatidão global	90.60 %	-	-	-	-	-	-	-
Estatística de Tau	89.03 %	-	-	-	-	-	-	-
Estimativa de Kappa	87.20 %	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Os autores (2019).

A validação da classificação, por sua vez, foi adquirida através dos resultados dos índices Global, Kappa e Tau, decorrentes da matriz de confusão e tidos como ideais para validação da acurácia dos mapas (QUEIROZ et al., 2017). Brites (1996 apud VIEIRA et al., 2009), realiza a seguinte comparação entre os índices Global e Kappa:

O índice global superestima a classificação e sempre resultará em valores mais altos do que os outros índices. O índice Kappa, ao calcular a concordância casual, inclui os elementos da diagonal principal, fazendo com que esta concordância seja superestimada, reduzindo o valor do índice.

Contudo, de acordo com Ma; Redmond (1995 apud Vieira et al., 2009) [...] “o índice Tau não superestima como IG e não subestima como o Kappa, sendo o índice mais adequado na avaliação do mapeamento”. (NAESET, 1996 apud ANTUNES et al., 2004) faz a seguinte contribuição:

Tau pode ser interessante como um coeficiente que reflete a acurácia de uma classificação, pois estima as concordâncias ao acaso. Resultados empíricos mostram que Tau apresenta valores muito próximos ao coeficiente de concordância Kappa também bastante utilizado como índice de acurácia. Estudos mostram que tanto Tau quanto Kappa apresentam valores muito próximos entre si quando as classes possuem uma mesma probabilidade.

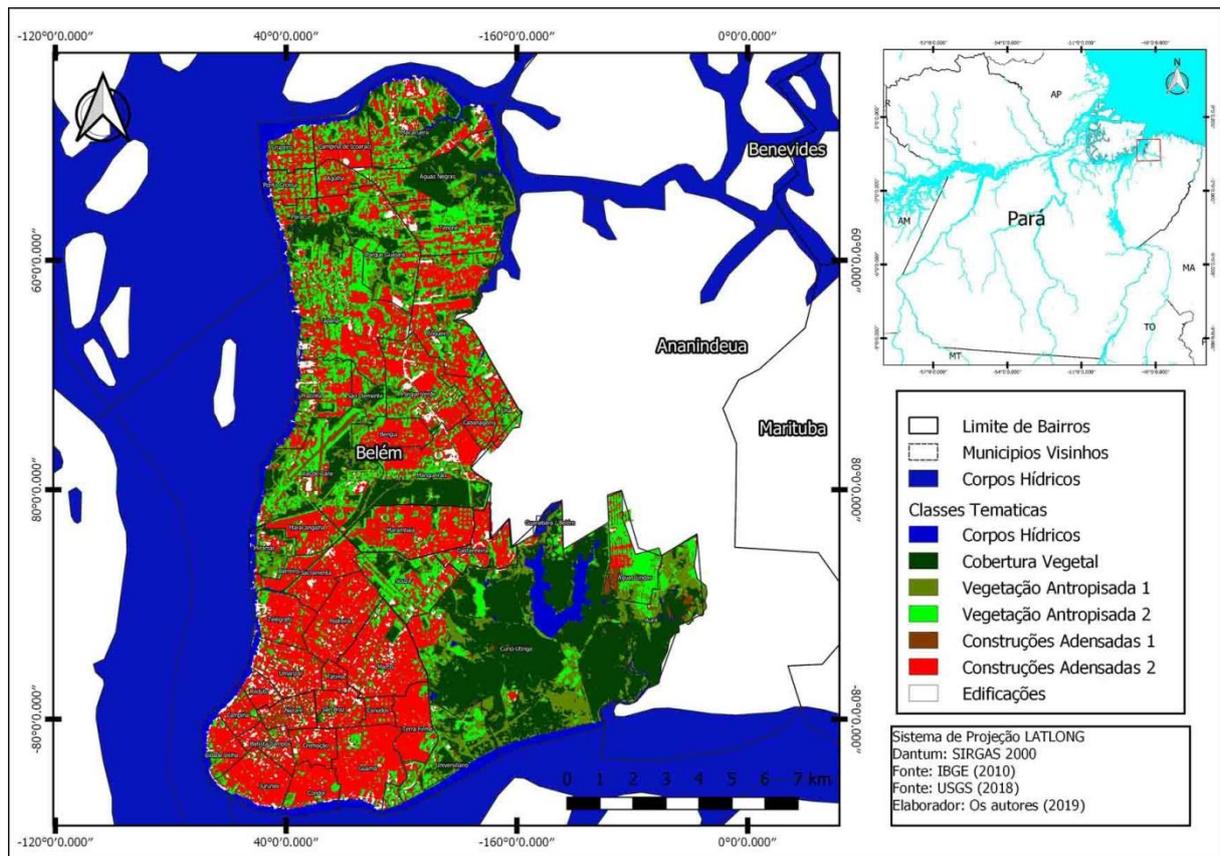
A partir de tais índices foram encontrados os seguintes resultados, o coeficiente Kappa, que segundo (CONGALTON, 1991) é satisfatório por levar em consideração a matriz de confusão em sua totalidade, não excluindo os elementos externos a diagonal

principal, responsáveis por denunciar os erros na classificação. Assim esse índice apresentou o valor de 87,20%, colocando a classificação como sendo “Excelente” segundo os valores definidos por Landis; Koch (1977) e Congalton; Green (1999), tais resultados apresentam melhor desempenho que o encontrado por Queiroz et al. (2017) ao analisar uma classificação supervisionada a partir de imagem do satélite Landsat-8, esse obteve desempenho de (59%) para esse índice, o que segundo o mesmo foi apresentado como sendo “[...] satisfatórios, assegurando a confiabilidade do estudo” (QUEIROZ et al., 2017, p. 575).

O índice de Exatidão Global, por sua vez, aparece como já esperado, com valor superior ao índice Kappa, sendo de 90,60%, isso se deve pelo fato desse não levar em consideração os valores externos a diagonal principal da matriz de confusão (BRITES, 1996). Ao comparar esse valor com os encontrados por Queiroz et al. (2017) para a imagem do Landsat-8 (71%), percebe-se um índice com valores relativamente melhores, contudo, ainda sendo inferior ao comparar com os trabalhos de Suarez; Candeias (2012) que encontra uma exatidão global equivalente a (96%).

Já os valores referentes à Estatística de TAU emergem como sendo intermediários, entre os valores dos dois outros índices, equivalendo a 89.03%, tal resultado acaba por indicar uma proximidade maior com a exatidão Global, do que com o índice Kappa, demonstrando assim uma discordância entre as probabilidades das classes (NAESET, 1996 apud ANTUNES et. al., 2004). Haja vista que tais resultados encontram-se dentro dos limites colocados por demais autores como satisfatório (NAESET, 1996). Conclui-se que a classificação supervisionada demonstra qualidade viável de representatividade da realidade.

**Figura 2 - Mapa temático de uso e cobertura da terra com base nas imagens Landsat8.**



Fonte: Os autores (2019).

O mapa de uso e cobertura do solo (figura 2) demonstra que a classe intitulada construções adensadas 2 é a segunda com maior extensão, abrangendo uma área de 5.986.980.000(ha) equivalente a 32,07% da área total de estudo. Essa classe, juntamente com construções adensadas 1, que recobre cerca de 10,84% da área, apresentam significativa confusão, por representarem regiões construídas com características relativamente familiares. A classe temática vegetação-antropisada-2, por sua vez é tida como a terceira mais abrangente, recobrando 17,32%, e acaba por denunciar as coberturas vegetais com grande estresse, essa classe assim compreende uma fronteira entre a cobertura vegetal baixa e uma antropisação completa do solo. Essa classe é seguida pela vegetação-antropisada-1, que denuncia uma vegetação que já vem sofrendo com a ação do homem, onde a sua cobertura vegetal é menos expressiva quando comparada com a mata saudável existente em seu interior. Essa seria a classe fronteira entre uma vegetação gravemente antropisada ou replantada e uma nativa e saudável que na presente pesquisa aparece representada pela classe cobertura-vegetal, correspondendo a uma significativa parcela da área de estudo 20,83%, sendo a segunda maior classe temática. Já as classes Corpos-Hídricos e Edificações podem ser tidas

como as classes temáticas menos significativas, equivalentes respectivamente a 5,97% e 3,49%.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstram, sobretudo, a aplicabilidade na utilização das técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para a identificação, mapeamento e monitoramento das transformações nas formas de uso e cobertura do solo em área urbana, auxiliando assim o planejamento territorial adequado da cidade.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. A. S. et. al. **Mapeamento de cobertura da terra utilizando técnicas de Processamento de imagens na região de Arquimedes (RO), com ênfase às florestas secundárias.** São José dos Campos: INPE, 1995.

ALVES, D. S. et. al. **Mapeamento do uso da terra em Rondônia utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM.** São José dos Campos. INPE, 1995.

ANDRADE, A. C; FRANCISCO, C. N; ALMEIDA, C. M. **Desempenho De Classificadores Paramétricos E Não Paramétrico Na Classificação Da Fisionomia Vegetal.** *Revista Brasileira de Cartografia*, v.2 n. 66, p. 349-363. 2014.

ANTUNES, A. F. B; LIGNAU, C; QUINTAS, M. C. L. **Análise de Acurácia de mapa de uso do solo oriundo de classificação de Imagens de alta resolução.** In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO. Recife. *Anais...* Recife: 2004. Disponível em: <<https://www.ufpe.br/cgtg/ISIMGEO/CD/html/Fotogrametria%20e%20Sensoriamento%20Remoto/Artigos/f005.pdf>>. Acessado em 06 jan de 2019.

BINS, L. S. ERTHAL, G. J. FONSECA, M. G. **Um método de classificação não supervisionada por Regiões.** *Comunicações SIBGRAPI VI.* P.65-68, 1993.

BRITES, R.S. **Verificação de exatidão em classificação de imagens digitais orbitais: efeito de diferentes estratégias de amostragem e avaliação de índices de exatidão.** Viçosa, 1996, 101 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa

CONGALTON, R. G. A. review of assessing the accuracy classificatons of remotely sensed data. **Remote Sensing Environment**, v. 37, p.35-46, 1991.

CONGALTON, R.G; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices.** Nova York, Boca Raton: Lewis Publishers, 137 p., 1999.

\_\_\_\_\_. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices.** Boca Raton: CRC/Taylor & Francis, p.183, 2009.

COSTA, A. C. L. **Estudo de Variações Termo-Higrométricas de Cidade Equatorial devido ao Processo de Urbanização.** O caso de Belém - PA. Tese (Doutorado em

Engenharia Ambiental)- EESC- Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 232p, 1998.

FILHO, P. W. M. S. et. al. Sistema de observação costeira e o papel dos sensores remotos no monitoramento da Costa Norte Brasileira, Amazônia. **RBC - Revista Brasileira de Cartografia**, v.02 n.57, p.79-86. 2005.

FILHO, P. W. M. S. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**.v.23, n.4, p. 427-435, 2005.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. – Manual Técnico de Uso da Terra. 2013. P. 171, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Manuais Técnicos em Geociências, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ISBN: 978-85-2404307-9. Disponível on-line em <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos\\_naturais/manuais\\_tecnicos/manual\\_uso\\_da\\_terra.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_uso_da_terra.pdf)>. Acessado em: 12 dez de 2018.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Manuais. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/>>. Acessado em: 12 dez de 2018.

JENSEN, J. R. **Introductory digital imageprocessing**: a remotesensing perspective. 2ª. ed. New Jersey (UEA): Prentice Hall, 1996.

LANDIS, J. R; KOCH, G. G.The measurement of observer agreement for categorical data.**Biometrics**, v.33, n.1, p.159-174, 1977.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G.The measurement of observer agrément for categorical data.**Biometrics** [Internet]. 1997; vol.33 n.1 p.159-174. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/843571>> acesso em 09 de jan de 2019.

LEÃO, C et. al., Avaliação de métodos de classificação em imagens TM/Landsat e CCD/CBERS para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região costeira do extremo sul da Bahia. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Florianópolis, **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007, p. 939-946.

LIU, Q et. al. Classification of Landsat 8 OLI Image Using Support Vector Machine With Tasseled Cap Transformation. In: 10th International Conference on Natural Computation, 2014, Xiamen, China. **Anais...** Xiamen, IEEE, p. 665-669, 2014.

MA, Z; REDMOND, R. L. Tau Coefficients for accuracy assessment of classification of remote sensing data.**PhotogrammetricEngineeringand Remote Sensing**, v.61, n.4, p.453-459, 1995.

NAESSET, E. Conditional Tau coefficient for assessmet of producer's accuracy of classified remotely sensed data.**ISPR JournalofPhotogrammetry**, Elsevier, v.51, p. 91-98. 1996.

NASCIMENTO, C. C. **Clima e morfologia urbana em Belém**. 1993, 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais Aplicadas) - Universidade Federal do Pará. Núcleo de MeioAmbiente.Belém, 1995.

OLIVEIRA, H. N. B. **Segmentação e classificação de imagens Landsat TM**. CURITIBA, 1999.

PIRES, É.G.; FERREIRA JR, L.G. Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. **Anais ...** João Pessoa: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015. p. 7421-7428.

QUEIROZ, T. B. et. al., Avaliação do desempenho da classificação do uso e cobertura da terra a partir de imagens Landsat 8 e Rapideye na região central do Rio Grande do Sul. São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 36, n. 3, p. 569 - 578, 2017

RODRIGUES, J. E. C.; LUZ, L. M.; SARAIVA, J. S. “Análise morfológica dos bairros de Nazaré e Guamá no processo de redução das áreas verdes urbanas no município de Belém-PA”. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ESTUDIOS TERRITORIALES Y AMBIENTALES, 6. , **Anais...** São Paulo, 2014. Disponível em: <[HTTPS://googleweblight.com/i?uhttps://docplayer.com.br/](https://googleweblight.com/i?uhttps://docplayer.com.br/)>. Acesso em: 23 abr. 2019.

SOARES, A. A. S., CARVALHO, A. C., SOARES, SOMBRA, D. A., BASTOS, R. Z. Fundamentos para a gestão das inundações periódicas nas planícies de Belém (Pará-Brasil) com vistas ao seu desenvolvimento local. **Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales**, 2018, p. 1-20.

SUAREZ, A. F. & CANDEIAS, A. L. B. Avaliação de acurácia de classificação de dados de sensoriamento remoto para o município de Maragogipe. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DE GEOINFORMAÇÃO, 4. , 2012, Recife, PE, Brasil: **Anais...** Recife: DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS, 2012, p. 001-0010.

United States Geological Survey (USGS) 2017. Disponível em <<http://landsat.usgs.gov/landsat8.php>> . Acesso em 01 de dez de 2018

United States Geological Survey (USGS) 2017. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em 03 de dez de 2018

VASCONCELOS, C. H e NOVO E. M. L. M. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens – fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí - PA. **ACTA AMAZONIA**. v. 34 n. 3, p.487-493. 2004.

VIEIRA, T. G. C; ALVES, H. M. R; VOLPATO, M. M. L; BERNARDES, T; SANTOS, É. R. Avaliação de classificadores automáticos no mapeamento de áreas cafezeiras da região de Guaxupé, Minas Gerais. In: VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Vitória. **Anais...** Vitória: Embrapa, 2009. P. 1-6.

## CAPÍTULO 7

**GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À IDENTIFICAÇÃO DE ILHAS DE CALOR: O CASO DA CIDADE DE BELÉM/PA***Francisco Helter Fernandes do Amaral**Viviane Corrêa Santos*

**RESUMO:** O adensamento urbano junto a um planejamento negligente tem provocado alterações sobre o microclima das cidades, passando a ser alvo de interesse para o desenvolvimento de novas metodologias que possibilitem o monitoramento de fenômenos como as ilhas de calor urbanas. Frente a isso, o presente trabalho objetiva identificar as variações termais das ilhas de calor sobre as distintas formas de uso e cobertura do solo na cidade de Belém-PA. Através de imagens do satélite Landsat-8 e técnicas de Geoprocessamento, a pesquisa identificou que as classes Corpos hídricos e Floresta possuem temperaturas que variam entre 24.6°C - 27.7°C; Vegetação secundária tem entre 27.7°C - 29.6°C, já as classes Solo exposto e Área urbana aparecem com cotas termais entre 30.7°C - 34.9°C, identificando de forma eficiente a viabilidade de temperaturas em diferentes superfícies.

**Palavras-chave:** Ilhas de calor; Espaço urbano; Geotecnologias.

**INTRODUÇÃO**

Com o advento e intensificação das atividades industriais em escala global, diversas transformações sobre os ecossistemas têm sido detectadas por pesquisadores como sendo de crescimento. Costa et al. (2010) consideram que o desenvolvimento industrial, a maciça popularização dos veículos automotores e o processo de urbanização, como importantes agentes para as transformações observadas na composição da atmosfera e da superfície terrestre. Segundo Chen et al. (2006), tem-se destacado a oferta de maior atenção para o desenvolvimento de estudos que abordem o comportamento, causas e efeitos de fenômenos climáticos como, o aquecimento global a partir de estudos realizados em distintas escalas de análise. (IMHOFF et al., 2010)

Estudos como os de Gartland (2010), Lombardo (1985), Mendonça (1994), Coltri (2006) e Souza (2004) consideram o ambiente urbano, como sendo pontos de sensibilidade aos efeitos decorrentes das alterações climáticas. Ao mesmo tempo em que esse emerge como lócus da geração de gases e resíduos agressores, não somente a

qualidade do ar, mas também responsável pelas transformações observadas no microclima da região (PARIZOTO; CAMPOS, 2015).

Entre os principais fenômenos climáticos decorrentes do processo de urbanização das cidades, está à emergência de ilhas de calor. Que segundo Moreira e Nóbrega (2011, p. 0768) pode ser caracterizada como, “[...] uma anomalia térmica onde a temperatura da superfície do ar urbano é mais elevada do que as áreas circunvizinhas [...]”. Mendonça (2003) afirma que a ocorrência de tal fenômeno pode gerar prejuízos a saúde da população. Assim sendo é necessário à realização de estudos sobre fenômenos de ocorrência global, em escala reduzida, visando assim desenvolver medidas que amenizem os efeitos negativos desses fenômenos, para que assim tais ações se desenvolvam de forma mais efetiva e menos custosa financeiramente.

Amorim (2000 e AMORIM, et al. 2009 apud AMORIM, 2017) consideram a retirada da cobertura vegetal em consonância aos processos de estruturação do espaço urbano (impermeabilização do solo e adensamento das edificações), como promovedores da elevação das temperaturas atmosféricas e superficiais. Nesse sentido, a vegetação no interior do perímetro das cidades, aparece de forma mais necessária à manutenção do ecossistema local e a própria qualidade de vida da população. Parizoto e Campos (2015, p. 75) complementam afirmando que

A arborização urbana bem como as áreas cobertas por vegetação (floresta urbana) contribui não apenas para a melhoria do Clima, mas também para o controle da poluição atmosférica filtrando partículas, retendo poeira e fumaça e proporcionando conforto acústico em alguns casos [...]

Considera-se assim o monitoramento e planejamento dos espaços verdes e florestais, dentro do ambiente urbano, um importante recurso de combate às transformações sobre os microclimas urbanos.

No intuito de monitorar as áreas verdes urbanas e desenvolver estudos de avaliação das condições climáticas urbanas, as tecnologias de sensoriamento remoto e Geoprocessamento, surgem como instrumentos de significativa importância para a geração de informações necessárias a um planejamento do espaço urbano. E ainda apresenta novas possibilidades de gestão urbana ao poder público. (PARIZOTO; CAMPOS, 2015).

Diante disso, o objetivo deste trabalho é analisar, com auxílio de imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento, as formas de uso e cobertura do solo e sua

influência sobre a formação de ilhas de calor na área urbana do município de Belém, capital do estado do Pará, para o ano de 2018.

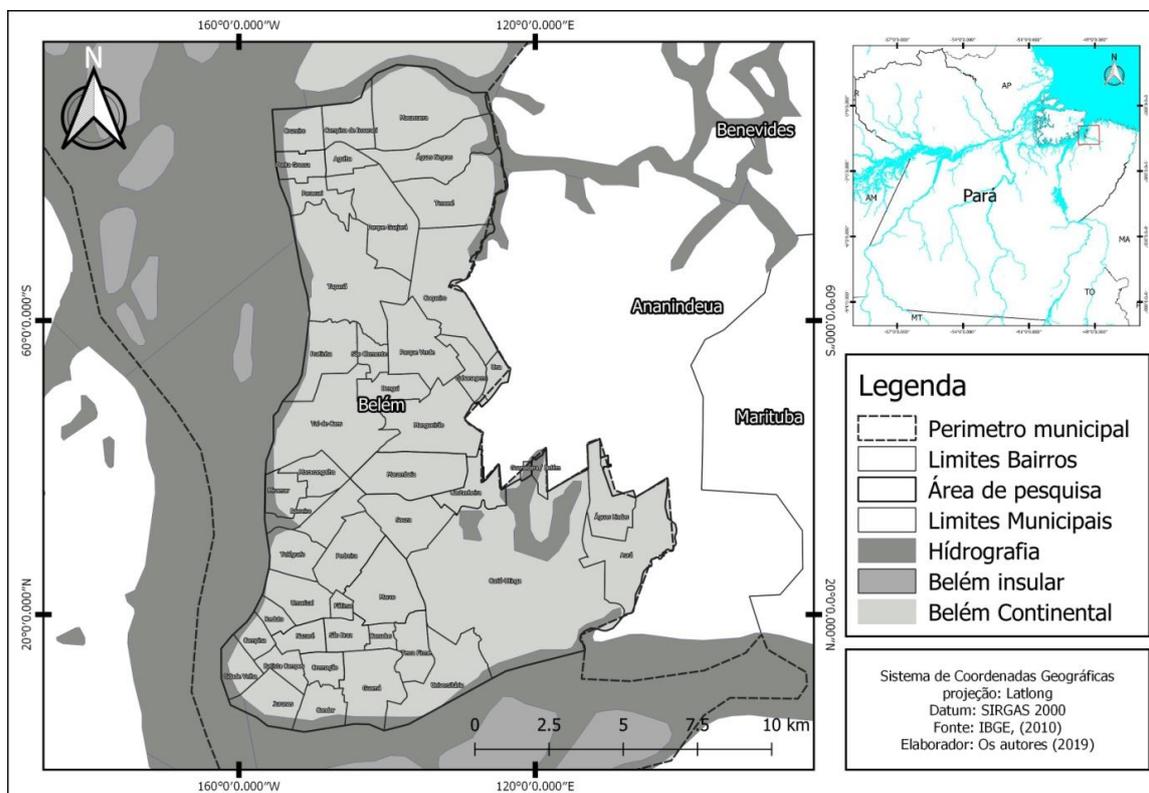
Esta análise visa demonstrar a aplicabilidade desses instrumentos para execução de estudos, que venham contribuir para o êxito de pesquisas geográficas com enfoque a esse fenômeno climático característico ao ambiente urbano, gerando dados que auxiliem a elaboração de planos municipais corroborando para finalidade de uma gestão urbana adequada às características ambientais particulares das distintas regiões do território brasileiro.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

A cidade de Belém, localizada no estado do Pará, nas coordenadas de latitude  $01^{\circ} 23' S$ , longitude  $48^{\circ} 29' W$ , às margens do Rio Guamá e da Baía do Guajará, possui  $1.059,458 \text{ km}^2$  e conta com uma população de aproximadamente 1.439.561 habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015).

Figura 1: Mapa de localização da área de pesquisa.



Fonte: Os autores (2019)

De acordo com Rodrigues et al. (2014), o tipo climático do município é classificado como equatorial quente úmido. Seguindo a classificação de Köppen, essa cidade encontra-se na zona climática Af (clima tropical úmido ou clima equatorial), estando assim em concordância com o clima de floresta tropical, permanente úmido, como afirma Soares et al. (2018). Sendo, portanto caracterizada pela presença de altas temperaturas devido à aproximação desta região com a linha do equador e intensa precipitação variando entre 1.500 - 3.000mm por ano, com cotas de temperaturas variando entre os 22°C e 31°C (NASCIMENTO, 1995).

### **Materiais**

Para executar a pesquisa, utilizou-se imagens do sensor OLI (Operational Land Imager), abordo do Satellite Landsat 8, correspondendo ao período de 07/06/2018 que sofreu melhoramento em 15/06/2018, sendo pertencentes a órbita 223 e ao ponto 061. Os critérios adotados para a escolha da imagem foi o de menor cobertura de nuvens, sendo a imagem caracterizada por um percentual de 10% de cobertura de nuvens, essa foi adquirida de forma gratuita através da United States Geological Survey (USGS).

Segundo a NASA (2014) a existência de anomalias junto ao sensor TIRS, provenientes da dispersão da luz difusa, chega ao sensor gerando falhas de calibração sobre as imagens. Por conta disso, a USGS não recomenda a adoção da banda 11 do sensor Infravermelho Termal/TIRS, apesar da aplicação de correções iniciais, feita pela própria, sobre essas imagens. Em virtude disso a banda 10 aparece como mais apropriada para ser utilizada em estudos de estimativa de temperatura superficial. Pires e Ferreira Jr (2015, p. 7422) ainda realizam a seguinte consideração para adoção da banda 10 do sensor TIRS.

A banda 10 do Landsat8 pode ser utilizada após a calibração através de um modelo de transferência radiativa de emissividade e parâmetros para recuperação da temperatura da superfície, e apresenta um erro de polarização residual inferior a 2 graus para a maioria dos alvos.

As imagens foram utilizadas para o diagnóstico das formas de uso e cobertura da terra do perímetro urbano, através da utilização de técnicas de classificação supervisionada, bem como, para determinação das características teóricas e ocorrência de ilhas de calor nessa área. Para a delimitação da área foi utilizado um arquivo shapefile (.shp) vetorizado a partir dos limites dos setores censitários de 2010 da cidade de Belém do Pará. Esses dados foram adquiridos através do site do IBGE.

A construção da classificação superficionada foi realizada pelo SIG SPRING (Sistema de Processamento de Imagens Georeferenciadas) versão 5.4.3, também disponibilizado gratuitamente no site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), além do software Quantum GIS 3.6.2 para aplicação das técnicas de geoprocessamento visando estimar a ocorrência de ilhas de calor. Esse software também foi utilizado para confecção dos mapas temáticos.

### **Definição das formas de uso e cobertura do solo**

Primeiramente foi confeccionado um banco de dados no Sistema de Informações Geográficas SPRING 5.4.3, com a importação das bandas 3 e 4 do visível e 5 do Infravermelho Próximo, com resolução espacial de 30 metros; e da banda 8 pancromática com resolução espacial de 15 metros, assim como dos limites da área de pesquisa no formato shapefile (.shp). Sendo necessário, na etapa de pré-processamento, a reprojeção das imagens para a projeção LATLONG e Datum SIRGAS-2000. Após isso, foi recortado, a partir dessas imagens, somente o polígono da área de estudo para assim dar início aos demais procedimentos.

No processamento digital, foi realizada a reamostragem das bandas 3, 4 e 5, para a resolução espacial de 15 metros através da transformação IHS-RGB, pela adoção da banda pancromática, sendo posteriormente realizada a composição em falsa cor, visando melhorar o contraste das assinaturas espectrais dos objetos.

Com o auxílio da função “classificação” presente no SPRING, classificaram-se as imagens nas 5 seguintes classes de uso e cobertura do solo: Floresta, Vegetação secundária, Área urbana, Solo exposto e Corpos hídricos. A adoção de classes com maior generalização a fim de se evitar grandes erros no processo de classificação em razão da média resolução das imagens com pixels equivalentes a 15x15 metros.

O algoritmo utilizado para a classificação das formas de uso e cobertura do solo foi a máxima verossimilhança (MAXVER). Esse método analisa as imagens pixel a pixel, os associando a determinadas classes conforme os intervalos contidos no histograma da imagem, que, com base nas amostras definidas, calcula, por meio de estatísticas, a probabilidade de cada pixel pertencer à determinada classe. (SANTOS et al., 2019)

O software Google Earth Pro foi utilizado com a finalidade de sanar dúvidas no momento de definição das amostras de treinamento para a classificação, devido ao

fornecimento de imagens de alta resolução, possibilitando a melhor distinção dos alvos sobre as imagens de media resolução do satélite Landsat-8.

Com o término da classificação, as imagens foram submetidas ao processo de validação da qualidade da classificação. Para isso, foi gerada uma matriz de confusão, seguindo as recomendações de Congalton (1991) foi adotado os Índices Kappa, o qual, por meio do resultado de análises estatísticas, se deu a comparação dos resultados das classificações com os valores das amostras definidas, indicando ao final a qualidade da classificação (VIEIRA et al., 2009).

Os valores do índice Kappa variam entre os intervalos de 0 a 1. Sendo assim, 0 não apresenta concordância; enquanto 1, apresenta excelente concordância, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1: Valores do índice Kappa.**

Kappa	Concordância
0,00	Sem concordância
0,01 a 0,20	Ruim
0,21 a 0,40	Razoável
0,41 a 0,60	Moderado
0,61 a 0,80	Muito Bom
0,81 a 1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

### **Estimativas das ilhas de calor**

Para a realização das análises de identificação das ilhas de calor nos perímetros urbanos da parte continental de Belém do Pará, foi estruturado um banco de dados no software Quantum GIS 3.6.2, através da importação da banda 10 do sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor), correspondente a faixa do infravermelho termal (10.6 - 11.19  $\mu\text{m}$ ). Seguindo a recomendação de Pires e Ferreira Jr (2015), também foram importados arquivos vetoriais contendo os limites da área em análise.

A forma de processamento e tratamento da imagem TIRS, para o estabelecimento da Temperatura da Superfície Terrestre (LST), esteve baseada nas metodologias observadas nos trabalhos de Pires e Ferreira Jr (2015), Coelho e Correa (2013); Coelho et. al., (2016); Santana (2015) e Amorim (2017).

A primeira etapa está de acordo com a equação proposta por Coelho et. al. (2016) que consistiu na realização da conversão dos parâmetros fixos dos níveis de

cinza (NC) da banda 10, em radiância espectral. Sendo utilizada a seguinte equação:  $L\lambda = (ML * Qcal + AL)$  Onde: ( $L\lambda$ ) indica a Radiância Espectral em Watts/ ( $m^2 sr \mu m$ ); ( $ML$ ) se refere ao fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04; ( $AL$ ) equivale ao fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000; ( $Qcal$ ) corresponde ao valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10.

Para a realização da correção atmosférica do Landsat-8 foi adotada a metodologia utilizada por Pires e Ferreira Jr (2015), que obteve os valores de transmissividade atmosférica, radiância emitida e recebida pela superfície através do site da NASA (<http://atmcorr.gsfc.nasa.gov>). Sendo utilizada a seguinte equação: ( $L_T$ ): ( $L_T = (L\lambda - Lu - (1-\epsilon) L_d) / (\tau * \epsilon)$ ); onde: ( $L_T$ ) Radiância de um alvo negro de temperatura cinética ( $W/ m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ ); ( $L\lambda$ ) Radiância espectral ( $W/ m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ ); ( $\tau$ ) Transmissividade da atmosfera 0.83; ( $\epsilon$ ) Valor da Emissividade da superfície, 0.92. (Equivalente adequada para as superfícies urbanas); ( $Lu$ ) Radiância emitida pela superfície ( $1.45 W/ m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ ); ( $L_d$ ) Radiância recebida pela superfície ( $2.43 W/ m^2 \cdot sr \cdot \mu m$ ).

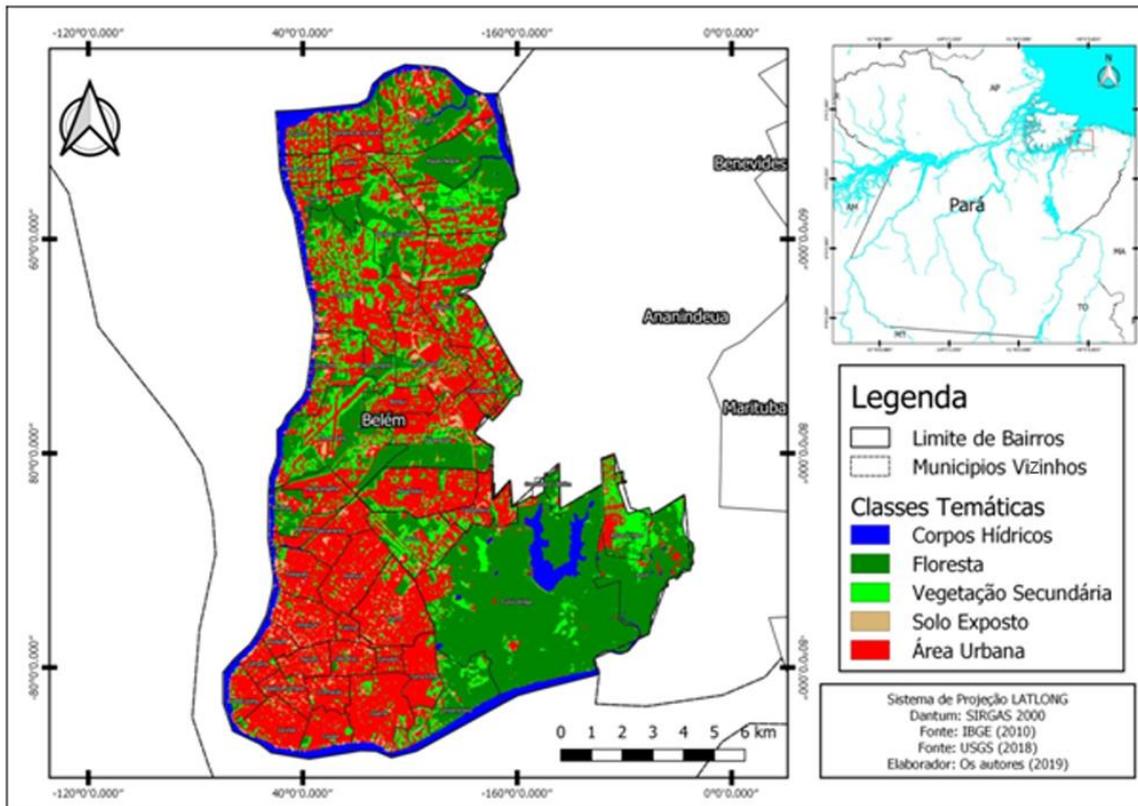
Na etapa seguinte a radiância foi convertida em temperatura efetiva de acordo com o valor em Kelvin, essa equação está em concordância com a fórmula adotada por Callejas et. al. (2011),  $T = (K2/ \ln (K1/L_T + 1))$ ; Onde: ( $T$ ) Temperatura efetiva em Kelvin ( $K$ ); ( $K2$ ) Constante de calibração 2 = 1.321.0789 ( $K$ ); ( $K1$ ) Constante de calibração 1 = 774.8853 ( $K$ ); ( $L_T$ ) Radiância em Watts / ( $m^2 sr \mu m$ ).

Seguindo as recomendações indicadas pela Goddard Space Flight Center Nasa (2004) para converter os valores dos pixels de Kelvin para Celsius foi utilizada a equação proposta por Santana (2015, p. 1047):  $Tb_1 = (Tb - 273,15)$ ; Onde: ( $Tb_1$ ) valor em Graus Celsius ( $^{\circ}C$ ); ( $Tb$ ) Valor dos pixels em Graus Kelvin ( $^{\circ}K$ ); (273,15) valor da temperatura do ponto de congelamento da água ao nível do mar.

Visando a realização da aplicabilidade das equações de conversão dos parâmetros de níveis de cinza e temperatura da banda 10, foi adotada a ferramenta “calculadora raster” que o Quantum GIS 3.6.2 disponibiliza através do Menu Barras de Ferramentas “Raster”.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

**Figura 2: Mapa de uso e cobertura do solo.**



Fonte: Os autores (2019)

Com o término da classificação do uso e cobertura do solo no SIG SPRING foi produzido um mapa temático para melhor observação. A Figura 2 reproduz a espacialização das classes temáticas de uso e cobertura do solo da área de estudo, sendo possível observar a existência de um predomínio da configuração referente à classe temática Área urbana, esta abrangendo cerca de 42,90% da área total, que é de 18.668.700.000 hectares. Essa, contudo apresenta confusão com a classe Solo exposta que constitui 3,48% da área de estudo, por representarem regiões com características espectrais relativamente familiares.

A classe temática vegetação secundária, por sua vez é tida como a terceira mais abrangente, recobrando 17,31%. E assim, por denunciar as coberturas vegetais com estresse ou que sofreram ação antrópica é uma classe intermediária entre Solo exposto e a classe Floresta, que corresponde à cobertura vegetal saudável e livre de ação antrópica. Essa recobre 30,31% da área total, sendo assim, a segunda maior classe temática. Já a classe Corpos hídricos aparece como a classe temática menos

significativas, equivalentes respectivamente a 5,96%. A acurácia da classificação, calculada pelo índice Kappa é apresentada na Tabela 2.

**Tabela 2: Índice Kappa para a classificação do uso e cobertura do solo.**

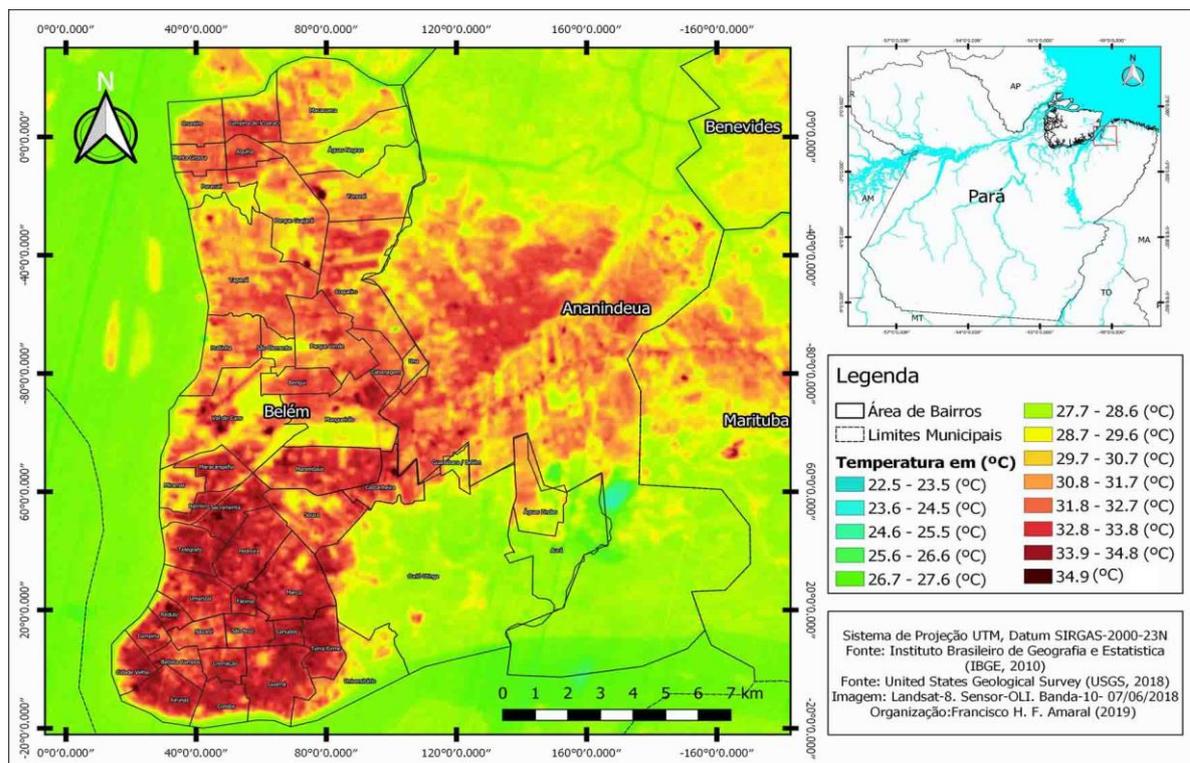
CLASSE	ÍNDICE KAPPA (%)	CONCORDÂNCIA
Floresta	89	Excelente
Vegetação secundária	80	Excelente
Área urbana	76	Muito bom
Solo exposto	73	Muito bom
Copos hídricos	90	Excelente

Fonte: Os autores (2019).

Conforme demonstra os índices Kappa, as classes Floresta, Vegetação secundária e Copos hídricos obtiveram valores acima de 80%, e apenas as classes Área urbana e Solo exposto demonstram valores entre os intervalos de 61 a 80, o que reafirma a elevada probabilidade de as classes pertencerem às respectivas amostras coletadas na fase de treinamento do algoritmo.

### Temperatura e as formas de uso e cobertura do solo

**Figura 3: Mapa de temperatura da superfície terrestre com base na banda 10 do sensor TIRS.**



Fonte: Os autores (2019)

Pode-se observar a partir dos resultados sobre as características da Temperatura Superficial ( $T_s$ ), obtidas junto à banda 10 do sensor THIRS, que a área de estudo apresenta uma  $T_s$  máxima de 34,9 °C e mínima de 24,6°C. Ao comparar o mapa de

distribuição da Ts com o mapa das características de uso e cobertura da terra, tornou-se possível visualizar que as maiores cotas de Ts referentes às ilhas de calor no espaço urbanizado de Belém, encontravam-se associadas às classes com maior teor de antropização. Resultados similares também são observados em trabalhos de Coelho (2013), Callejas et al. (2011), Costa et al. (2009) e Pires e Ferreira Jr (2015),

Nas classes temáticas correspondentes a Área urbana, as taxas de Ts encontram-se variando entre 30,8°C e 34,9°C. Já as Ts que estavam entre os intervalos de 24,6°C a 27,7°C foram observadas junto às classes: Corpos Hídricos e Floresta, enquanto as classes Vegetação secundária aparecem com valores intermediários de Ts variando entre os intervalos de 28,7°C a 29,7°C. Coelho et al., (2016) ao comparar as temperaturas de superfícies geradas pela banda 10-TIRS do satélite Landsat-8 com as formas de uso e cobertura da terra para o município de Várzea Grande-MT, obteve valores de (28,01°C) referentes à cobertura vegetal nativa da região. Nesse sentido Costa (2003 apud COELHO et. al, 2016), faz a seguinte contribuição:

[...] áreas com vegetação nativa apresentam grandes dosséis, que possuem absorção solar elevada (aproximadamente 80%) e grande parte da radiação incidente nelas é utilizada para a evapotranspiração, resultando na redução da temperatura do ar e no aumento da umidade ao redor, que mantém consequentemente temperaturas moderadas.

Tais características indicam uma concordância com Callejas et al. (2011) onde afirma que os materiais artificiais, que são característicos das áreas urbanizadas acabam por alterar os valores da Ts.

Assim foi possível observar que existe uma concentração de ilhas de calor com temperaturas de 34,9°C nos bairros: Val-de-cães e Mangueirão. Enquanto que Castro (2009) identifica em seu estudo sobre a análise espaço-temporal das ilhas de calor e das ilhas de frescor presentes na porção continental de Belém, entre os anos de 1997 e 2008, onde utilizou a banda-6 termal do satélite Landsat-5, para esses mesmos bairros no ano de 2008, foram registrados uma máxima de 27°C e 26°C, respectivamente indicando uma considerável elevação da Ts das ilhas de calor presentes nesses dois bairros. Vale destacar ainda que a metodologia adotada por Castro (2009) não leva em conta a correção da radiação espectral termal da banda-6, o que pode ter provocado uma subestimação da temperatura real em até 5°C, considerando os padrões relatados por Folhes (2007).

Também pode ser identificados fragmentos com 34,9°C de temperaturas nos bairros Agulha, Tapanã, Tenoné e Parque Guajará já os demais localizados ao norte de Val-de-cães e Mangueirão, a saber: Águas Negras, Bengui, Cabanagem, Campina de Icoaraci, Coqueiro, Cruzeiro, Parque Verde, Maracacuera, Paracuri, Una, São Clemente, Ponta Grossa e Pratinha aparecem tendo ilhas de calor com temperaturas inferiores a 34,9°C, sendo a temperatura mínima dessas ilhas 30,8°C representando mais de 80% das formas de ilhas de calor existindo na totalidade desses 19 bairros, onde predomina uma configuração mista de áreas construídas voltadas a diferentes necessidades: habitacionais, industriais e comerciais. A presença de massa asfáltica e concreto representam grande percentual para elevação dos balanços de energia desses espaços, onde também se tem observado o solo exposto no norte do bairro Macacueira e em outros bairros como um elemento que provoca elevação de Temperatura, contudo não se eleva de forma significativa em relação aos espaços representados pela classe Floresta do seu entorno, apresentando uma média de 3,1°C. Quando se compara com a classe Corpos hídricos essa diferença aumenta para 4,1°C.

Castro (2009) afirma que tais coberturas vegetais em sua maioria correspondem a áreas de proteção ambiental. Contudo, devido a um predomínio da classe Vegetação secundária, que corresponde a uma configuração vegetal de reflorestamento, baixa densidade florestal ou cobertura vegetal extremamente deficiente, nesses locais apesar de haver uma diminuição da temperatura e relação aos espaços construídos da cidade, a média de  $T_s$  encontra-se no entorno dos 29,7°C.

Os bairros Águas Negras, Tenoné, Tapanã e Pratinha são caracterizados por uma abundância da classe de Vegetação secundária. Todavia, ao observar a temperatura das áreas com Floresta presente nos bairros de Val-de-Cães e Mangueirão, encontram-se apenas fragmentos de áreas com temperaturas equivalentes a 27,7°C. Em sua maioria, a temperatura nesses dois bairros apresenta em uma mínima de 28,7°C.

Além disso, pode-se perceber que as áreas com temperaturas de 34,9°C são em suas maiorias representações da classe Área urbanas, podendo ter sido o adensamento de objetos artificiais o grande responsável pela elevação da temperatura, haja vista que as maiorias desses pontos estão localizadas no interior de regiões com média de temperatura equivalente a 31,8°C. Tais observações nos permitem inferir que as ilhas de calor observadas na área total desses 19 bairros estão ligadas a um adensamento das diferentes formas e objetos construídos aliados à degradação da cobertura vegetal

nativa, o que não permite que essa apresente um diferencial significativo para as áreas construídas, apesar de provocar alguma diminuição nas Ts.

Os demais 39 bairros restantes compreendem uma área total de 10.264.342.500 (ha) de terras, esses bairros por sua vez aparecem envolvidos por uma densa mancha urbanizada, onde são localizadas áreas do setor industrial comercial e residencial, que foram os principais agentes estruturadores ao longo da história, para a geração da recente configuração paisagística e termal, onde se tem predominante a ocorrência de Ts com 34,9°C, significando a maior parcela da temperatura interna dos bairros, a exceção são os bairros do Curió-Utinga, Aurá, Guanabara e Águas Lindas, onde estão as menores temperaturas.

Encontra-se uma configuração espacial onde existe a predominância de áreas construídas extremamente adensadas com fragmentos de Floresta, que são os responsáveis por provocar a redução na temperatura ambiente. Castro (2009) explica que esse adensamento ocorre em decorrência do histórico processo de ocupação da cidade, que teve início nessa região onde estão localizados bairros históricos como Cidade Velha. As áreas verdes desses bairros em sua maioria aparecem com uma média de 28,7°C.

Todavia a porção territorial onde estão concentrados os bairros do Curió-Utinga, Aurá, Águas Lindas e Guanabara, com destaque para o primeiro bairro, onde está localizado o Parque Ambiental do Utinga, são os bairros onde foram identificadas as menores cotas termais principalmente nas classes corpos-hídricos e cobertura vegetal, significando mínimas que variam entre 26,7°C e 27,7°C.

De forma resumida, os resultados demonstram a relevância de se manter pontos com cobertura vegetal dentro do ambiente urbano. E mais importante ainda, seria o poder público redirecionar esses espaços para o uso população, os transformando em áreas de lazer aliadas a educação ambiental.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A metodologia empregada nesta pesquisa permitiu avaliar a dinâmica comportamental da Ts da área de estudo através da banda-10 termal do sensor TIRS, abordo do satélite Landsat-8, com correção atmosférica essa abordagem permitiu uma maior aproximação com os resultados observados em literatura para valores de temperatura da região estudada, já que não foi realizada a comparação com dados de

outras fontes como os provenientes de radiossondagem. O que poderia levar a um enriquecimento maior na precisão dos valores encontrados, contudo, a metodologia empregada produziu a identificação aceitável de diferentes temperaturas em nível de bairros, podendo ser percebida uma associação entre as formas de uso e cobertura do solo como regiões de construções mais adensadas, regiões menos adensadas e as áreas com cobertura vegetal, que por sua vez, foram às responsáveis pelos pontos de frescor dentro de áreas construídas. Reforçando a funcionalidade da utilização de dados de Sensoriamento Remotos e de Sistemas de Informações Geográficas disponíveis gratuitamente como sendo ferramentas capazes de produzir com relativa acurácia, dados sobre as características termais existentes nos bairros das cidades e que podem ser obtidos por metodologias simples, como a empregada no presente trabalho. Sendo assim, uma fonte de informações complementares a gestão urbana no momento da formulação de planos de ações para cidades e municípios.

## Referências

AMORIM, M. C. C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. 2000. 374 p. Tese (Doutorado em Geografia Física)-faculdade de filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

AMORIM, M. C. C. T. DUBREUIL, V., QUENOL, H., SANT'ANNA NETO, J. L.. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). **Confins**, v.7, 2009, p.1 -16.

AMORIM, M. C. C. T. Detecção remota de ilhas de calor superficiais: exemplos de cidades de porte médio e pequeno do ambiente tropical, Brasil. **Finisterra**, LII, Centro de Estudos Geográficos (CEG), v.105, 2017, p. 111 -133.

ANTUNES, A. F. B; LIGNAU, C; QUINTAS, M. C. L. Análise de Acurácia de mapa de uso do solo oriundo de classificação de Imagens de alta resolução. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO. Recife. **Anais...** Recife: 2004. Disponível em: <<https://www.ufpe.br/cgtg/ISIMGEO/CD/html/Fotogrametria%20e%20Sensoriamento%20Remoto/Artigos/f005.pdf>>. Acessado em 06 jan de 2019.

BRITES, R.S. **Verificação de exatidão em classificação de imagens digitais orbitais: efeito de diferentes estratégias de amostragem e avaliação de índices de exatidão**.1996, 101 p., Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa Viçosa, 1991

BOLFE, E. L.; PEREIRA, R. S.; MADRUGA, P. R. A.; FONSECA, E. L. Avaliação da classificação digital de povoamentos florestais em imagens de satélite através de índices de acurácia. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 28, n. 1, 2004, p.85-90.

CHEN, X.L.; ZHAO, H.M.; LI, P.X.; YIN, Z.Y. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensing of Environment**, New York, v.104, 2006, p. 133-146.

CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE, L. C.; OLIVEIRA, A. S.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Uso do solo e temperatura superficial em área urbana. **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 23, 2011, p. 207-223.

CASTRO, A. R. C. **aplicação de sensoriamento remoto na análise espaço temporal das ilhas de calor e ilhas de frescor urbanas no município de Belém do Pará**, nos anos de 1997 e 2008. Belém. 2009. p 59. Dissertação (Mestrado em geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

COELHO, A. L. N; CORREA, W. S. C. Temperatura de superfície Celsius do sensor Tirs/Landsat-8: metodologia e aplicações. **Rev. Geogr. Acadêmica** v.7, n.1, 2013, p. 31-45.

COELHO, F. N.; SANTOS, C. C. P. NASCIMENTO, M. P. Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/ TIRS para o mapeamento de temperatura de superfície em perímetros urbanos, no município de Várzea Grande, Mato Grosso. SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 6., 2016, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: Embrapa Informática Agropecuária/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2016. P.259-300

CONGALTON, R. G. A. review of assessing the accuracy classificatons of remotely sensed data. **Remote Sensing Environment**, v. 37, p.35-46, 1991.

CONGALTON, R.G; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**. Nova York, Boca Raton: Lewis Publishers, 137 p., 1999.

CONGALTON, R; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**. **Boca Raton**: CRC/Taylor & Francis, p.183, 2009.

COSTA, A. C. L. **Estudo de Variações Termo-Higrométricas de Cidade Equatorial devido ao Processo de Urbanização**. O caso de Belém - PA. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental)- EESC- Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 232p, 1998.

COSTA, A. D. L. **Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambientes externos**: Uma experiência no bairro de Petrópolis em Natal/RN. 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2003.

COSTA, D. F; SILVA, H. R; PERES, L. F. identificação de ilhas de c-alor na área urbana de ilha Solteira - SP através da utilização de geotecnologias. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.30, n.5, 2010, p.974-985.

FOLHES, M. T. **Modelagem da evapotranspiração para a gestão hídrica de perímetros irrigados com base em sensores remotos**. 2007. 186 p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto)-. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2007.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: Como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 248p.

IBGE. **Aglomerados Subnormais, Informações Territoriais**. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/okvpvZ>>. Acesso em: 10 de abr. 2019.

\_\_\_\_\_. **Divisão Regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias 2017**. Disponível em: <<https://goo.gl/ohzvvtw>>. Acesso em: 27 de abr. 2019.

LANDIS, J. R; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, 1977, p.159-174.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.

MA, Z; REDMOND, R. L. Tau Coefficients for accuracy assessment of classification of remote sensing data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v.61, n.4, p.453-459, 1995.

MENDONÇA, F. Aquecimento Global e Saúde: uma perspectiva geográfica – notas introdutórias. **Terra Livre**, São Paulo, vol. 1, n. 20. 2003, p. 205-221. Disponível em: <[http://www.agb.org.br/files/TL\\_N20.pdf](http://www.agb.org.br/files/TL_N20.pdf)>. Acesso em 20 Fev. 2019.

MENDONÇA, F. A. **O clima e o planejamento urbano das cidades de porte médio e pequeno**: proposições metodológicas para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina/PR. 1994. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, FFLCH/USP, São Paulo, 1994.

MOREIRA, E. B. M, NÓBREGA, R. S. identificação do fenômeno ilhas de calor na área urbana do Recife-pe, através do canal infravermelho termal do satélite Landsat5. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. , 2011, Curitiba. **Anais...** Paraná: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2011. P. 0768-0775.

NASA (National Aeronautics and Space Administration). Landsat 8 Thermal Infrared Sensor (TIRS) **Update**. Disponível em: <[http://landsat.usgs.gov/about\\_LU\\_Vol\\_8\\_Issue\\_2.php#2a](http://landsat.usgs.gov/about_LU_Vol_8_Issue_2.php#2a)>, acesso em: 22 de mai. 2019.

NASCIMENTO, C. C. **Clima e morfologia urbana em Belém**. 1993, 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais Aplicadas) - Universidade Federal do Pará. Núcleo de Meio Ambiente. Belém, 1995.

PARIZOTO, N. M. S; CAMPOS, S. estudo de ilhas de calor no município de Piratininga/SP, por meio de dados orbitais do Landsat5 sensor TM. **Energ. Agric. Botucatu**, v. 30, n.1, 2015, p.74-79.

PIRES, É.G.; FERREIRA JR, L.G. Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. **Anais ...** João Pessoa: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015. p. 7421-7428.

RODRIGUES, J. E. C.; LUZ, L. M.; SARAIVA, J. S. “Análise morfológica dos bairros de Nazaré e Guamá no processo de redução das áreas verdes urbanas no município de Belém-PA”. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ESTUDIOS TERRITORIALES Y AMBIENTALES, 6. , **Anais...** São Paulo, 2014. Disponível em: <[HTTPS://googleweblight.com/i?uhttps://docplayer.com.br/7612209-Analise-morfol%C3%B3gica-dos-bairros-de-nazar%C3%A9-e-guam%C3%A1-no-processo-de-redu%C3%A7%C3%A3o-das-%C3%A1reas-verdes-urbanas-no-munic%C3%ADpio-de-bel%C3%A9m-pa.html&grqid+826XAqSs&s+1&hl+pt-BR](https://googleweblight.com/i?uhttps://docplayer.com.br/7612209-Analise-morfol%C3%B3gica-dos-bairros-de-nazar%C3%A9-e-guam%C3%A1-no-processo-de-redu%C3%A7%C3%A3o-das-%C3%A1reas-verdes-urbanas-no-munic%C3%ADpio-de-bel%C3%A9m-pa.html&grqid+826XAqSs&s+1&hl+pt-BR)>. Acesso em: 23 abr. 2019.

SANTOS, E. R. S.; TEIXEIRA, B. E. S.; ALMEIDA, E. C.; NEVES, Í. C.; TERRA, A. Análise da cobertura vegetal e da temperatura de superfície na região urbana e periurbana do município de Santarém/PA. **Geosul**, v. 34, n. 71, 2019, p. 713-738.

SILVA, J. B et al. **é geografia, é Paul Claval**. Disponível em: <[http://projetos.extras.ufg.br/posgeo/wp-content/uploads/2013/09/e-geografia\\_e-paulclaval.pdf](http://projetos.extras.ufg.br/posgeo/wp-content/uploads/2013/09/e-geografia_e-paulclaval.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2019.

SOARES, A. A. S., CARVALHO, A. C., SOARES, SOMBRA, D. A., BASTOS, R. Z. Fundamentos para a gestão das inundações periódicas nas planícies de Belém (Pará-Brasil) com vistas ao seu desenvolvimento local. **Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales**, 2018, p. 1-20.

SOUZA, L. C. L. Ilhas de calor. **Jornal Unesp**, São Paulo, v.18, n.186, 2004,p.11.

USGS (United States Geological Survey). **Using the USGS Landsat 8 Product**. Disponível em: <[https://landsat.usgs.gov/Landsat8\\_Using\\_Product.php](https://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php)>. Acesso em: 29 de abr. 2019.

VIEIRA, T. G. C et al. Avaliação de classificadores automáticos no mapeamento de áreas cafeeiras da região de Guaxupé, Minas Gerais. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6. , 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: Embrapa, 2009. P. 1-6.

## CAPÍTULO 8

**COMPORTAMENTO DA RADIAÇÃO SOLAR PARA OS  
DIFERENTES ELEMENTOS DA PAISAGEM***Charles Caioni*

**Resumo:** A radiação solar incidente na superfície terrestre é resultante de complexas interações de energia entre a atmosfera e a superfície. Assim, mudanças no uso e cobertura da terra podem ocasionar significativas mudanças no balanço de radiação. Nessa conjectura, objetivou-se analisar a distribuição da radiação solar em uma microbacia, bem como, sua relação com o relevo e os diferentes elementos da paisagem. Para a construção dos mapas de distribuição de radiação e uso do solo utilizou-se uma imagem do satélite LANDSAT pertencente ao ano de 2005. Para a elaboração do modelo digital de elevação foi utilizado imagens SRTM. Todos os procedimentos durante a geração dos mapas foram desenvolvidos por meio do software ArcGIS 9.3. A radiação variou para os diferentes usos da terra, com maiores valores para áreas de solo exposto e menores para os ambientes florestais. O relevo também demonstrou influenciar substancialmente a distribuição da radiação ao longo da bacia, uma vez que áreas planas tenderam a exibir maior refletância da radiação solar.

**Palavras-chave:** Amazônia; desflorestamento; modelo digital de elevação; produtos orbitais.

**INTRODUÇÃO**

Ao longo dos anos a Amazônia tem sido submetida a intensos processos antrópicos. Estima-se que aproximadamente 20% da cobertura florestal do bioma amazônico já tenham sido convertidos em diferentes usos antrópicos, sendo 7.989km<sup>2</sup> somente em 2016, conforme dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2019). A Amazônia pode ser visto hoje como um espaço segmentado e organizado em resposta aos diferentes usos e agentes predominantes de ocupação (MACEDO et al., 2012; VANWEY et al., 2013).

Entre os estados com maior percentual de áreas desmatadas está o estado de Mato Grosso. Na região norte, entre as décadas de 70 e 80, o desenvolvimento da agropecuária contribuiu diretamente para a supressão da vegetação nativa. Hoje a paisagem do estado pode ser vista como resultado do modelo de colonização, que se baseou na constante abertura de novas áreas para inserção, principalmente, de pastagens e/ou cultivo de soja (DOMINGUES; BERMANN 2012).

A Floresta Amazônica desempenha importante papel na regulação do clima local e regional (FOLEY et al., 2007), e através de seu processo de evapotranspiração é emitido 7.400 km<sup>3</sup> ano<sup>-1</sup> de vapor de água para a atmosfera, mais de 50% da precipitação total da Amazônia (SALATI; NOBRE, 1991). Contudo, apesar desse serviço ecossistêmico, estima-se que aproximadamente 20% de sua área já tenham sido convertidas em pastagens ou culturas agrícolas, onde 5.831km<sup>2</sup> foram convertidos somente em 2015 (INPE, 2019).

A radiação solar incidente na superfície da terra é resultante de uma interação complexa de energia entre a atmosfera e a superfície, onde em escala local, o relevo constitui o maior fator de distribuição (HOFIERKA; SÚRI, 2002). Para tanto Pereira et al. (2012) salienta que as alterações no revestimento do solo e do uso da terra implicam numa nova busca pelo equilíbrio da distribuição dos componentes do balanço de radiação na superfície e na atmosfera. Latifovic e Pouliot (2007), alertam para tais alterações, uma vez que podem acarretar em fortes alterações nos ciclos hidrológicos em decorrência de sua interferência nos processos de evaporação e evapotranspiração.

Mediante ao exposto, torna-se imprescindível para a realização de planejamentos ambientais o conhecimento da distribuição da radiação solar em áreas de bacias hidrográficas. Para tanto o uso do sensoriamento remoto configura-se como uma importante ferramenta uma vez que permite em um curto espaço de tempo obter uma vasta rede de dados. Rosa (2005) define sensoriamento remoto como uma forma de obtenção de informação de um objeto sem a necessidade de contato físico direto com o mesmo.

Em meio a este contexto encontram-se diferentes unidades hidrográficas pertencente ao município de Alta Floresta, que em decorrência do avanço desordenado da pecuária extensiva, apresentam muita necessidade de obter maior conhecimento a respeito da distribuição da radiação solar sobre sua superfície. Nesta conjectura, objetivou-se analisar a distribuição da radiação solar em uma microbacia, bem como, sua relação com o relevo e os diferentes elementos da paisagem.

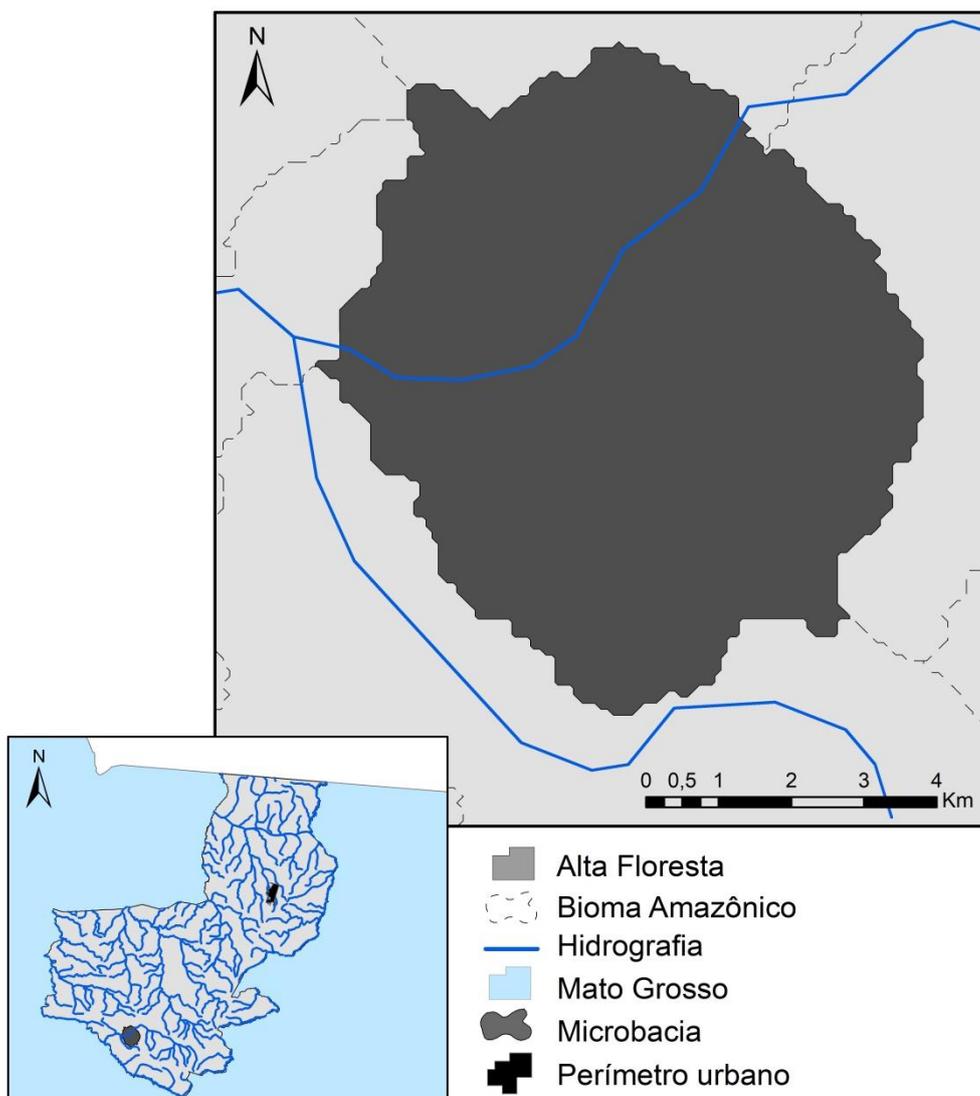
## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de estudo**

A microbacia estudada possui uma área de 93,86 km<sup>2</sup>. Pertencente ao município de Alta Floresta/MT, a área está situada sobre as coordenadas 56°30' a 57°00' de longitude W e 9°00' a 11°00' de latitude S.

A população de Alta Floresta é de 51.782 habitantes e sua demográfica é de Densidade demográfica 5,48hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2019). O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH-M) do município é de 0,714, abaixo do IDH do estado (0,725) e do Brasil (0,730) segundo o PNUD (2016).

**Figura 1. Localização da área microbacia investigada no contexto do município de Alta Floresta/MT.**



Conforme a classificação Koppen atualizada por Alvares et al. (2013) o clima da região é tropical de monções (Am), com nítida estação seca. Sua média pluviométrica é de 2.213,37 mm (CAIONI et al., 2014), e sua temperatura fica em torno de 25°C, com máximas e mínimas de 33°C e 20,1°C, respectivamente (TARIFA, 2011).

O quadro florístico do município, fundamentalmente, é constituído por Floresta Ombrófila Aberta e Densa, Floresta Estacional e Cerrado (FERREIRA, 2001). Com localização na região sul da Bacia Amazônica onde genericamente, em sua borda

meridional possui base cristalina com rochas sedimentares muito antigas, além de gnaisses e xistos. Tendo como contribuinte os tributários do Rio Teles Pires e seus afluentes Rio Paranaíta, Apiacás, Carlinda, Cristalino e Santa Helena (RODRIGUES et al., 1996).

O relevo da região do município de Alta Floresta/MT pode ser dividido em quatro unidades geomorfológicas: depressão interplanáltica da Amazônia meridional, planaltos dos Apiacás-Sucunrudi, planalto dissecado da Amazônia e os planaltos residuais do norte de Mato Grosso (BRASIL, 1980).

A hidrografia do município é constituída pelos rios Teles Pires, Cristalino, Santa Helena, Paranaíta e Apiacás (RODRIGUES et al., 1996). A vegetação é característica da transição Cerrado-Amazônia (MATO GROSSO, 2002).

### **Procedimentos metodológicos**

#### **Uso e cobertura da terra**

O mapa de uso da terra foi obtido a partir de uma imagem LANDSAT, datada em 10/08/2005, com resolução espacial de 30 metros e órbita/ponto 227/67. Para a construção dos mapas foram utilizadas as bandas 3, 4 e 5 do sensor TM. No software SPRING, versão 4.3 (CÂMARA et al., 1996) foram realizados procedimentos de recorte, segmentação e classificação da imagem.

Durante a classificação foram adotadas as seguintes classes:

- Floresta Ombrófila Aberta Submontana: Este domínio é caracterizado pela disposição espaçada das árvores, o que permite a passagem da luz favorecendo o desenvolvimento de cipós, trepadeira, palmeiras e bambus;
- Floresta Estacional Semidecidual: Foi considerado qualquer tipo de cobertura florestal formado por espécies arbóreas que perdem parte de suas folhas em certo período do ano;
- Massa d' água: Considerou qualquer presença de água na superfície;
- Pastagem Consistiu em todas as áreas com presença de espécies forrageiras;
- Solo exposto: Consideraram-se todas as superfícies desprovidas de qualquer tipo de cobertura vegetal, ou com baixa presença de pastagem.

As terminologias e as descrições consideradas no mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal seguiram a classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical do projeto Radambrasil (BRASIL, 1982) e TerraClass (COUTINHO et al., 2013). O modelo de classificação foi validado por meio de visitas a campo. A

quantificação de cada classe feita por meio da extensão *Xtools*, disponível no módulo *Arcmap* do *ArcGis* 9.3.

### **Modelo digital de elevação**

O modelo digital de elevação (MDE) foi gerado no *ArcGis* 9.3, a partir do comando *Topo to Raster* (em *3D Analyst Tools* >> *Raster Interpolation*), utilizando uma imagem de satélite SRTM com curvas de Nível de 5 metros de equidistância.

### **Distribuição da radiação**

Para a elaboração do mapa de radiação executou-se o a ferramenta *Área Solar Radiation* (em *Spatial Analyst Tools* >> *Solar Radiation*) do *software ArcGis* 9.3 que permitiu calcular a distribuição da radiação direta na área estudada. Ao selecionar o MDE como dado de entrada, pode-se ainda calcular o total de radiação solar que cada pixel recebe em watts hora por metro quadrado (WH/ m<sup>2</sup>). Os níveis de radiação obtidos foram separados através da quebra natural dos valores em oito diferentes intervalos de classes.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

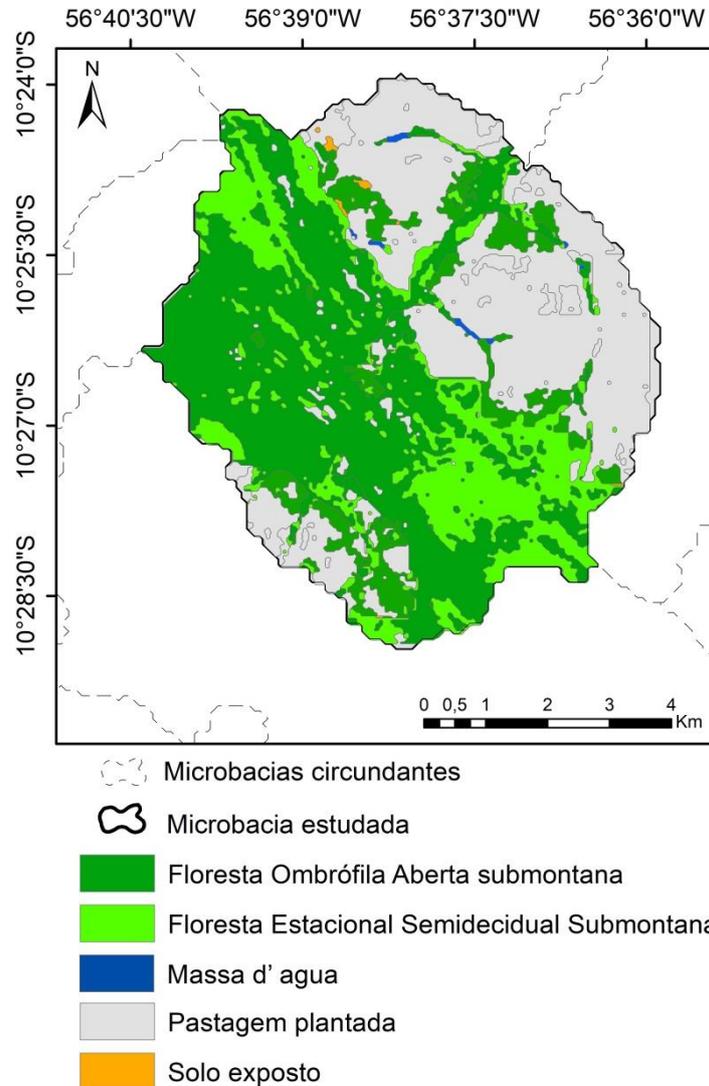
Distribuída em sua maioria na região Nordeste, a classe Pastagem com 37,54Km<sup>2</sup> (~40%) foi o uso da terra mais comum na microbacia. De modo geral a forte presença da pastagem em parte pode estar associada ao fortalecimento da pecuária extensiva na região. Essa atividade requer grandes áreas para a criação de gado (SERRAO et al., 1990; SILVA et al., 2017) e tende muitas vezes a contribuir com o desflorestamento da Amazônia. Isso porque, a baixa longevidade da produtividade associada com a baixa fertilidade dos solos da Amazônia e as práticas inadequadas de manejo, levam os produtores a abandonar suas áreas originais em busca de outras para a implantação de novas pastagens, em geral, avançando sobre áreas de florestas primárias (DEMATTÊ, 1998).

A classe de Floresta Ombrófila Aberta submontana representou a segunda classe de maior expressividade, uma vez que compete a ~27% na área com 25,34km<sup>2</sup>. Para tanto, pode-se observar ainda que grandes partes dessas áreas estiveram presentes em locais de cursos hídricos, uma vez que tais locais possuem grande disponibilidade de água.

O desmatamento da Amazônica também pode ser atribuído ao modelo tradicional de ocupação ligado às políticas de desenvolvimento na região, tais como: especulação de terra ao longo das estradas, crescimento das cidades, aumento da pecuária bovina, exploração madeireira e agricultura familiar (FARID, 1992). De modo

geral, esses resultados são preocupantes, uma vez que o desmatamento pode implicar em perda da biodiversidade (FEARNSIDE, 2005), mudança no regime hidrológico e consequentemente na redução da produção agrícola.

**Figura 2. Uso e ocupação do solo da Microbacia São Manuel, Alta Floresta/MT.**



Referente a classes de Floresta Estacional Semidecidual Submontana constatou-se que com uma área de 22,53km<sup>2</sup> (~24%) esta formação vegetal está localizada em sua maioria em áreas de morro, uma vez que tais ambientes são impróprios para o desenvolvimento de determinadas atividades econômicas.

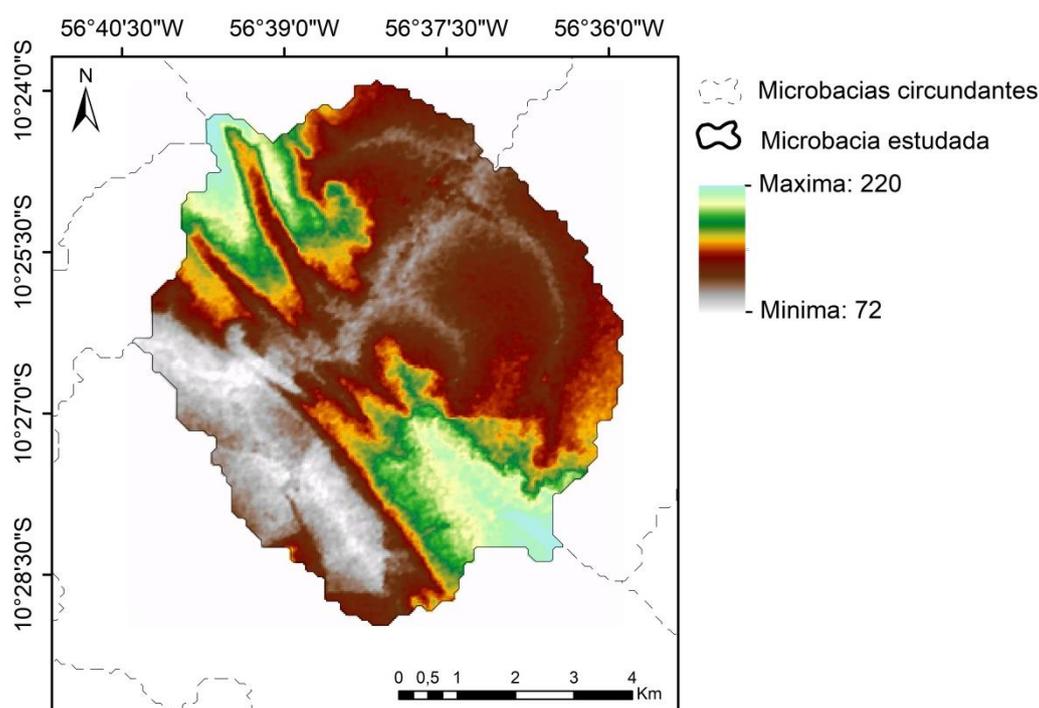
A microbacia exibiu 7,51 hectares (~8%) de solo exposto (Figura 2). Esse resultado pode estar relacionado ao fato de grande parte das pastagens na área estudada estarem degradadas, e assim nos meses de maior estiagem acabam exibindo características semelhantes à de solo exposto. Esses resultados corroboram com Ferreira et al. (2014)

que identificou apenas 15,27% de áreas produtivas em uma Gleba pertencente ao município de Alta Floresta.

A microbacia demonstrou possuir 0,94 ha (1%) de massa d'água. Essa considerável área reforça a importância dessa unidade hídrica no abastecimento futuro da população urbana e rural do município. Estudos recentes revelam ainda haver uma tendência de perda da qualidade da água em decorrência da remoção das florestas aluviais (FREITAS et al. 2013). Diante do exposto, percebe-se a necessidade de políticas voltadas à conservação das matas aluviais, já que estas são fundamentais para a conservação e manutenção dos recursos hídricos presentes na microbacia.

Ao analisarmos Modelo Digital de Elevação da microbacia pode-se identificar uma moderada variação ao longo da área, com máximas e mínimas em torno de 215 e 75 metros, respectivamente (Figura 3).

**Figura 3. Modelo Digital de Elevação da área estudada.**



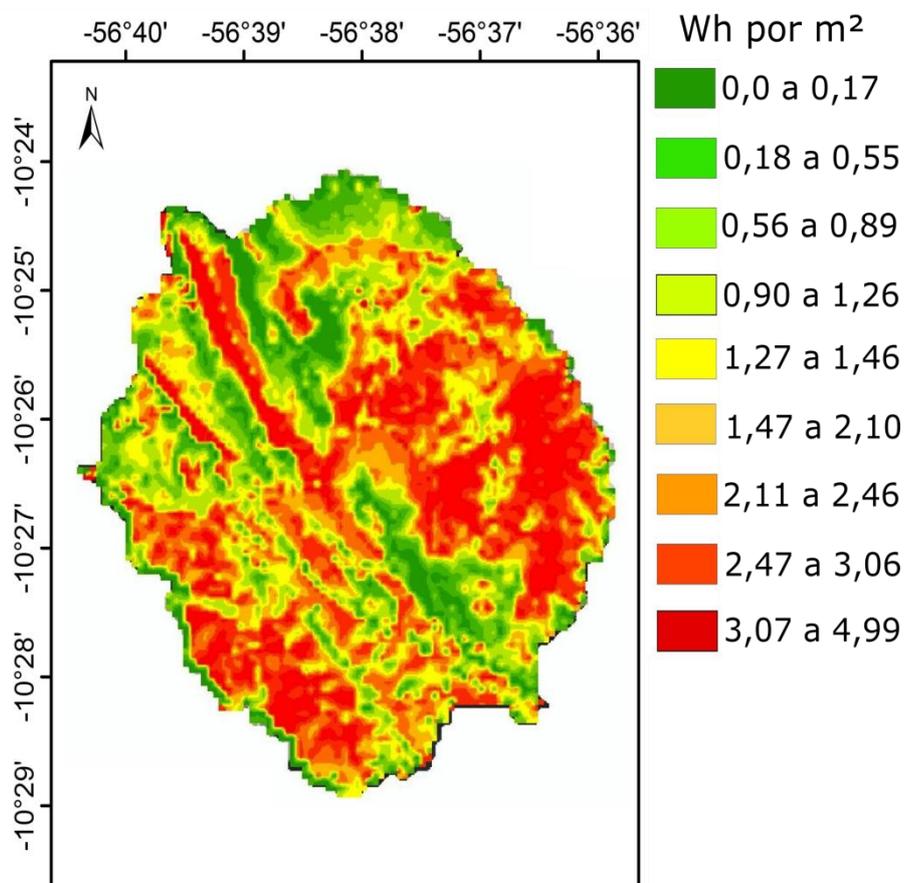
O Sudeste e Noroeste com valores entre 199 a 215 metros compreenderam como as regiões de maior altitude, ao mesmo tempo em que o Sudoeste correspondeu a de menor altitude (75 a 90,5 metros). Constatou-se ainda, que com o aumento da altitude funciona como uma barreira natural, segurando o avanço da pecuária, uma vez que se pode observar baixo desflorestamento em áreas acima de 180 metros de altitude.

Ao analisarmos a distribuição da radiação da unidade hidrográfica (Figura 4) constataram-se oscilações de até  $4,99W^{m^{-2}}$ , cujas mínimas e máximas foram  $0,00W^{m^{-2}}$  e

4,99W<sup>m-2</sup>, respectivamente. Foi observada também uma forte predominância das classes de maiores valores de radiação, possivelmente em decorrência do alto nível de antropização da bacia.

Pode-se constatar para as classes de 0,0W<sup>m-2</sup> a 1,46W<sup>m-2</sup> que essas estiveram presentes em sua maior parte em locais de maiores altitudes e predomínio de formação florestal. Conforme Lopes et al., (2013) áreas mais íngremes como serras sofrem grandes variações sazonais em sua iluminação. OLIPHANT et al. (2003) afirmam ainda que em dias de céu aberto a topografia é o principal modelador da radiação solar global.

**Figura 4. Distribuição da radiação solar na Microbacia, Alta Floresta/MT.**



Ao analisarmos a classe intermediárias que compreendem o intervalo de 1,47W<sup>m-2</sup> a 2,10W<sup>m-2</sup> pode-se constar forte associação com as áreas de pastagem suja.

No tocante as classes de maior amplitude de radiação abrangendo o intervalo de 2,11W<sup>m-2</sup> a 4,99W<sup>m-2</sup> verificou-se que esta esteve em sua maioria presente em áreas de pastagem degradada e/ou solo exposto. Isso se deve a característica dos solos desnudos de refletir maior quantidade de radiação de ondas curtas. Em particular esse resultado requer atenção, visto que o aumento da refletância da radiação leva a redução da energia disponível para a movimentação do balanço hídrico local e regional.

Foi observada ainda, uma forte associação destas classes com as áreas de relevo plano. Santos et al. (2009) atribui tal proximidade a característica dessas áreas de receberem iluminação ao longo de todo o dia sem a presença de obstáculos que venham a causar sombreamento.

## CONCLUSÕES

Constatou-se que a radiação solar se apresentou distribuída de diferentes formas ao longo da Microbacia, apresentando em sua maioria o predomínio das classes de maiores valores de radiação.

Pode-se identificar ainda uma forte relação entre os diferentes níveis de uso antrópico da terra e de radiação, encontrando-se os menores valores de radiação para os ambientes florestais, e os maiores para os locais de pastagem degradada e solos expostos. Verificou-se ainda que o relevo influencia de forma significativa na distribuição da radiação, uma vez que áreas planas recebem maior intensidade de radiação solar. Ressalta-se ainda que apesar dos resultados obtidos possam ser considerados satisfatórios do ponto de vista metodológico, fazem-se necessários novos estudos na área para o aferimento de resultados de maior precisão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711 -728, 2013.

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL, 1973-1982. **Projeto RADAMBRASIL - levantamento de Recursos Naturais “Folha SC21 – JURUENA”**, Brasília, D.F. 1982.

BRASIL. Radam Brasil. Programa de Integração Nacional. *Folha SC. 21 Juruena*: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Ministério das Minas e Energia/Departamento Nacional da Produção Mineral, 1980. v. 20.

CAIONI, C.; CAIONI, S.; SILVA, A. C. S.; PARENTE, T.L.; ARAUJO, O.S. Análise da distribuição pluviométrica e de ocorrência do fenômeno climático ENOS no município de Alta Floresta/MT. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 2656-2666, 2014.

COUTINHO, A.C.; ALMEIDA, C.; VENTURIERI, A.; ESQUERDO, J.C.D.M.; SILVA, M. **Uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal: TerraClass 2008**. Brasília: Embrapa, Belém: INPE, 2013. 110 p.

DEMATTE, J. L. I. **Manejo de solos ácidos dos trópicos úmidos. Região amazônica.** Campinas/SP: Fundação Cargill, 1988.

FARID, L. H.; MACHADO, J. E. B.; GONZAGA, M. P.; FILHO, S. R. P.; CAMPOS, A. E. F.; FERREIRA, N.S.; SILVA, G.D.; TOSAR, C.R. CAMARA, V.; HACON, S. S.; LIMA, D.; SILVA, V.; PEDROSO, L. R. M.; SILVA, E. C.; MENEZES, L. A. Diagnóstico preliminar dos impactos ambientais gerados por garimpos de ouro em Alta Floresta/MT: um estudo de caso. **Tecnologia Ambiental**, Rio de Janeiro, p.185, 1992.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia brasileira: História, índices e consequências. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1, n. 4, p. 113-123, 2005.

FERREIRA, J. C. V. **Mato Grosso e Seus Municípios.** Cuiabá: Secretaria de Estado de Educação, 2001.

LATIFOVIC, R.; POULIOT, D. Analysis of climate change impacts on lake ice phenology in Canada using the historical satellite data record. **Remote Sensing of Environment**, v. 106, n. 4, p. 492–507, 2007.

FERREIRA, R. A. S.; S. SANTOS, K. F.; SILVA, E. P.; SILVA, A. C. S.; CAIONI, C. Estruturação de dados geoambientais do assentamento rural Jacaminho, município de Alta Floresta – MT. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18, p.1637-1648, 2014.

FOLEY, J. A.; ASNER, G. P.; COSTA, M. H.; COE, M. T.; DEFRIES, R.; GIBBS, H. K.; SNYDER, P. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 5, n. 1, p. 25-32, 2007.

FREITAS, E. P.; MORAES, J. F. L.; PECHE FILHO, A.; STORINO, M. Indicadores ambientais para áreas de preservação permanente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 4, p. 443-449, 2013.

HOFIERKA, J.; SURI, M. The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications. In: PROCEEDINGS OF THE OPEN SOURCE GIS-GRASS USERS CONFERENCE. 2002, Trento. **Anais...** Trento, 2002, p. 1-19.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Confederação Nacional de municípios. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=510025>>. Acessado em: 29 out. 2019.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Prodes - Desflorestamento nos municípios da Amazônia Legal.** 2008, 2015. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>> acesso em: 25/05/2019.

LATIFOVIC, R.; POULIOT, D. Analysis of climate change impacts on lake ice phenology in Canada using the historical satellite data record. **Remote Sensing of Environment**, v. 106, n. 4, p. 492–507, 2007.

LOPES, P. M. O.; VALERIANO, D. M.; SILVA, B. B.; GEBER, B. D. A.; SILVA, A. O. Simulação do saldo de radiação na Serra da Mantiqueira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 780-789, 2013.

MATO GROSSO. Mapa de Vegetação. Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico. 2002. Disponível em: <<http://www.seplan.mt.gov.br>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

OLIPHANT, A. J.; SMITH, R. A. S.; STURMAN, A. P.; OWENS, I. F. Spatial variability of surface radiation fluxes in mountainous terrain. **Journal of Applied Meteorology**, v. 42, n. 1, p. 113-128, 2003.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Atlas de Desenvolvimento Humano. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos municípios brasileiros (Alta Floresta). Disponível em: <[http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil\\_m/alta-floresta\\_mt](http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/alta-floresta_mt)> Acessado em: 30 dez. 2017.

PEREIRA, C. C.; MARIANO, Z. F.; WACHHOLZ, F. Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na Bacia Barra dos Coqueiros (Goiás). **Revista Geonorte**, v.2, n.5, p.1243 – 1255, 2012.

RODRIGUES, F. M.; PISSARRA, T. C. T.; CAMPOS, S. Análise temporal do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do Córrego da Fazenda Glória, município de Taquaritinga, SP. **Irriga, Botucatu**, v. 14, n. 3, p. 314-324, 2009.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, n. 1, p. 81-90, 2005.

SALATI, E., & NOBRE, C. A. Possible climatic impacts of tropical deforestation. **Climatic Change**, v.19, n.1, 177–196, 1991.

SANTOS, R. H. L.; SANTOS, M. D. C.; CRUZ, C. B. M.; SILVA, S. V.; GONÇALVES, E. S. Análise dos níveis de degradação da floresta através da utilização do NDVI e de dados de área de insolação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2009, p. 3011-3018.

SERRAO, E. A.; TOLEDO, J. M; ANDERSON, A. B. The search for sustainability in Amazonian pastures. **Alternatives to deforestation: steps towards sustainable use of the Amazon rain forest**. New York, USA: Columbia University Press , 1990. p. 195-214.

SILVA, A. C.; SILVA, F. F.; BETT, V. A prevalência de mastites em vacas leiteiras do município de Carlinda (MT), no ano de 2016. **Revista PUBVET**, v. 11, n. 8, p. 761-766, 2017. Disponível em: < <http://www.pubvet.com.br/artigo/3943/a-prevalencia-nbspde-mastites-em-vacas-leiteiras-do-municipio-de-carlinda-mt-no-ano-de-2016> >. Acessado. 13/08/2019

TARIFA, J. R. Mato Grosso – Clima: análise e representação cartográfica. Cuiabá: Entrelinhas, 2011. -102p.

VANWEY, L. K.; SPERA, S.; SA, R.; MAHR, D.; MUSTARD, J. F. Socioeconomic development and agricultural intensification in Mato Grosso. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 368, n. 1619, p. 20120168, 2013. Disponível em: <<https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rstb.2012.0168>>. Acessado. 05/10/2019

## CAPÍTULO 9

**A FLORESTA CONTRIBUI PARA A REDUÇÃO DA  
TEMPERATURA SUPERFICIAL NO SUL DA AMAZÔNIA***Charles Caioni**Sheila Caioni**Tiago Lisboa Parente*

**RESUMO:** Objetivamos identificar a temperatura da superfície e o Índice de Vegetação Realçado (EVI) dos principais elementos da paisagem do município de Carlinda-MT, Sudeste Amazônico. Para a construção dos mapas de uso da terra utilizamos cinco imagens do Landsat-8. No *software* SPRING 4.3, realizamos o recorte e classificação das imagens. As classes definidas foram: Área não vegetada, Floresta, Lavoura/pastagem e Massa de água. No *software* R versão 3.0.2, quantificou-se a temperatura superficial para os diferentes usos da terra. Verificamos que a temperatura na floresta foi inferior à pastagem (- 6,7°C) e as áreas não vegetadas (- 7,5°C). Em relação ao EVI, a floresta apresentou os maiores valores, quando comparadas a pastagem (+ 0,27) e área não vegetada (+ 0,44). De modo geral, ficou evidente a importância da conservação das áreas de florestas na Amazônia, visto seu papel na amenização da temperatura superficial e conseqüentemente no clima local e regional.

**Palavras-chave:** Amazônia Meridional; uso da terra; balanço de energia.

**INTRODUÇÃO**

Ao longo dos anos a Amazônia tem sido submetida a intensos processos antrópicos. Este cenário é preocupante, pois a Floresta Amazônica é considerada de extrema importância mediante aos seus diversos serviços ecossistêmicos prestados. Apesar dos disso, estima-se que aproximadamente 20% da cobertura florestal do bioma amazônico já tenham sido convertidos em diferentes usos antrópicos. Sendo 7.989 km<sup>2</sup> somente em 2016 (INPE, 2016). A Amazônia pode ser vista hoje como um espaço segmentado e organizado em resposta aos diferentes usos e agentes predominantes de ocupação (MACEDO et al., 2012; VANWEY et al., 2013).

As alterações no uso e cobertura do solo, principalmente para produção de alimentos e energia, têm causado significativas mudanças na paisagem, com diversos impactos sobre o balanço energético, principalmente pela redução da evapotranspiração

(ET) (LATRUBESSE et al., 2017; PANDAY et al., 2015). Pastagens que ocupam áreas desmatadas podem reduzir o ET regional, em função de seus sistemas radiculares superficiais, baixo índice de área foliar e baixa rugosidade da superfície (BUTT et al., 2011).

O processo de ET consome grande quantidade de energia, e sua redução em função de mudanças no uso da terra resulta em energia adicional que pode aumentar o fluxo de calor sensível (H) entre a superfície do solo e atmosfera, aumentando a temperatura do ar. O total de energia disponível para os processos de ET e H, conhecido como saldo de radiação (Rnet), também pode ser afetado pelas transições no uso do solo. Pastagens, em geral apresentam maior reflexão de luz solar (albedo), o que resulta em menos Rnet comparado às florestas (BONAN, 2002). Assim, as mudanças biofísicas resultantes de mudanças no uso da terra podem afetar diretamente o clima e os serviços ecossistêmicos associados a estes processos. A esse exemplo, na Bacia Amazônica, a maior e mais diversa bacia hidrográfica do planeta, o desmatamento tem aumentado em até 5 °C a temperatura da superfície (SILVÉRIO et al., 2015).

Os efeitos da conversão de florestas tropicais em áreas de agricultura e pastagens sobre o balanço energético permanecem ainda pouco esclarecidos (FOLEY, 1997). Para uma maior compreensão da interação solo, planta e atmosfera, diferentes produtos orbitais vêm sendo utilizados. O uso do sensoriamento remoto tem diversas vantagens, como por exemplo, a rápida aquisição de grandes conjuntos de dados em curto espaço de tempo.

Em meio a esse contexto encontra-se o município de Carlinda-MT, que situado ao sul da Amazônia, nas últimas décadas reduziu grande parte da sua cobertura florestal nativa. Nesta perspectiva, objetivou-se identificar a temperatura da superfície e o Índice de vegetação realçado (EVI) dos principais elementos da paisagem do município de Carlinda-MT, Sudeste Amazônico.

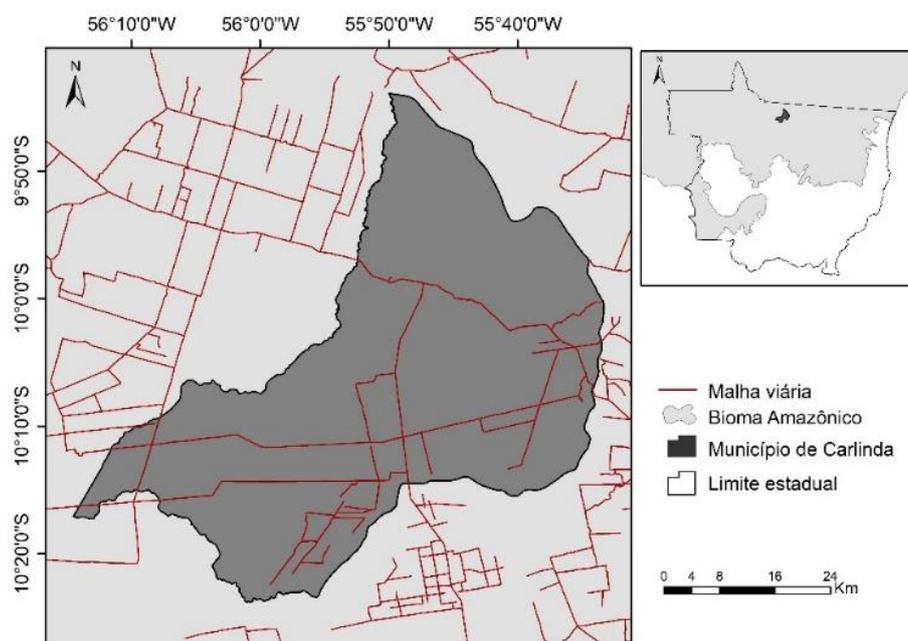
## MÉTODOS

### Área de estudo

Localizada ao extremo norte de Mato Grosso, o município de Carlinda apresenta extensão territorial de 2.393,024 km<sup>2</sup> e uma população de 10.305 habitantes, a densidade populacional do município é de 4,59 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2019). O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH-M) do município é de 0,665, abaixo do IDH do Estado, que é de 0,725 e do Brasil que é de 0,730 (PNUD, 2018).

O clima da região é tropical de monções (Am), com nítida estação seca (ALVARES et al., 2013). A temperatura média do ar é de 26,5° C, com máximas de 33° C e mínimas em torno de 20°C (INMET: estação 83214). A vegetação é constituída pelas Florestas Ombrófilas Aberta, Florestas Estacionais e Formações Secundárias (MATO GROSSO, 2002; BRASIL, 2007), mas conta com apenas 1/3 de áreas naturais, pois cerca de 67% da vegetação do município foi convertida para pastagem (MAPBIOMAS, 2018). O relevo é formado pelo Planalto Apicás-Sucurundi e a Depressão Interplanáltica Amazônia Meridional (Ross, 2007).

**Figura 1 – Localização do município de Carlinda, no contexto do bioma Amazônico.**



### Procedimentos metodológicos

Inicialmente criamos um banco de dados geográficos e um projeto no *software* SPRING 4.3 (CÂMARA et al., 1996) com as informações de projeção e datum: Lat-Long/WGS 84; e retângulo envolvente estabelecido em coordenadas geográficas: Long 1(60° 00' 00'') e Long 2 (54° 00' 00'') e Lat 1 (12° 00' 00'') e Lat 2 (7° 00' 00'').

Para a construção dos mapas temáticos selecionamos 22 imagens (isentas de nuvens), entre 2013 e 2017, dos sensores Operational Land Imager e Thermal Infrared, satélite Landsat 8 (órbita/ponto 227/67), disponibilizadas pelo United States Geological Survey (USGS).

### Temperatura superficial

Realizamos o mapeamento termal a partir do *software* R versão 3.0.2, com o auxílio do pacote *raster* (HIJMANS, 2014). Inicialmente, aplicamos os procedimentos de recorte e conversão dos valores de cinza em radiância na banda 10 do satélite LandSat 8 (resolução espacial: reamostrada para 30 m) de cada cena (Equação1).

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL \quad (\text{Eq. 1})$$

Sendo:

$L\lambda$  = Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/ (m<sup>2</sup> sr μm);

ML = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3,3420E-04;

AL = Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0,10000;

$Q_{cal}$  = Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10.

Após a aquisição dos valores de radiância aplicamos o algoritmo 2, que permitiu a obtenção dos diferentes níveis de temperatura da superfície.

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

T: Temperatura efetiva em Kelvin (K);

K2: Constante de calibração 2 = 1321,08 (K);

K1: Constante de calibração 1 = 774,89 (K);

$L\lambda$ : Radiância espectral em Watts/(m<sup>2</sup> sr μm).

Por meio da equação 3, os valores térmicos foram convertidos de Kelvin para graus Celsius (°C).

$$T_c = T_k - 273,15 \quad (\text{Eq. 3})$$

Sendo:

$T_c$ : Temperatura em Celsius;

$T_k$ : Temperatura em Kelvin.

### Índice de vegetação realçado (EVI)

O índice de vegetação realçado foi obtido conforme equação 4 (HUETE *et al.* 1999; JUSTICE *et al.*, 1998)

$$EVI = G \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + C1 * \rho_{red} - C2 * \rho_{blue} + L} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

G = fator de ganho (2,5);

$\rho_{nir}$  = refletância na banda referente ao infravermelho próximo, adimensional;

$\rho_{red}$  = refletância na banda referente ao vermelho, adimensional;

$\rho_{blue}$  = refletância na banda referente ao azul, adimensional;

L = Fator de correção para a interferência do solo (1);

C1 = Coeficiente de correção dos efeitos atmosféricos para o vermelho (6);

C2 = Coeficiente de correção dos efeitos atmosféricos para o azul (7,5);

### Uso e cobertura do solo

Para a confecção dos mapas de uso e cobertura do solo, utilizamos as bandas 4, 5 e 6 do satélite LandSat 8, com resolução espacial de 30 metros, e em seguida realizamos os procedimentos de recorte, segmentação e classificação no software SPRING, versão 4.3 (CÂMARA *et al.*, 1996).

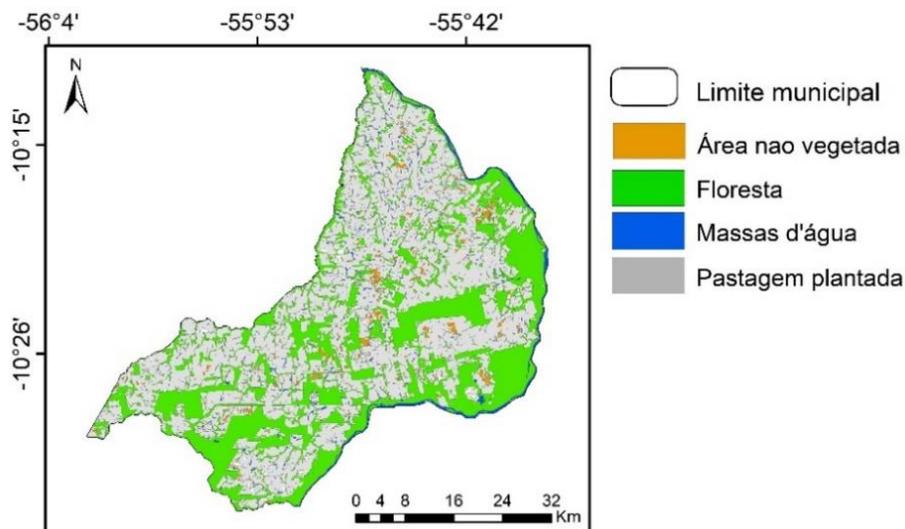
Classificamos o uso e cobertura do solo em 4 classes, adaptadas do Projeto Radambrasil (BRASIL, 1982):

- Área não vegetada: superfícies desprovidas de cobertura vegetal (solo exposto, edificações urbanas e afloramentos rochosos);
- Floresta: todas as formações florestais existentes na área;
- Pastagem: extrato com predomínio de gramíneas com indivíduos arbóreos em baixa densidade;
- Massas d'água: rios e lagos.

O modelo de classificação foi validado por meio de visitas a campo. As quantificações das classes temáticas foram realizadas por meio do software R versão 3.0.2 com o auxílio do pacote *raster* (HIJMANS, 2014).

Após a classificação da série histórica de usos da terra, desconsideramos todas as áreas que apresentaram mudanças no uso e cobertura entre 2013 e 2017, para obtenção de pixels puros de uso da terra (Figura 2).

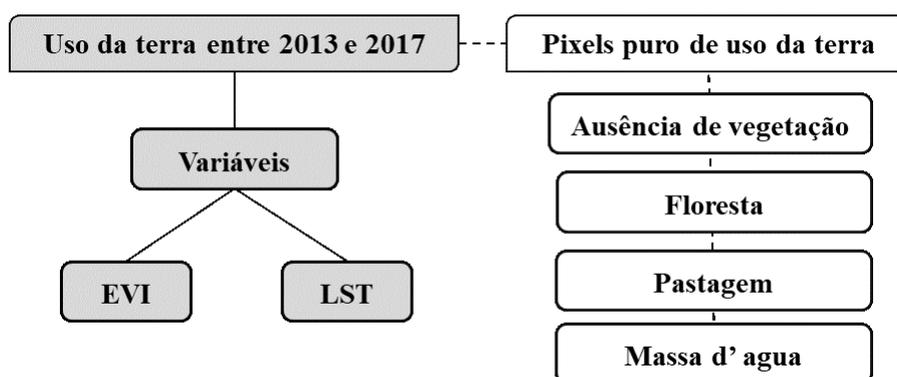
**Figura 2 – Mapa de uso e cobertura de Carlinda com as áreas que não apresentaram mudanças entre 2013 e 2017.**



### Análises

Utilizamos o pacote *raster* (HIJMANS *et al.*, 2014) para extrair os pixels puros e calcular a média histórica (2013 a 2017), de LST e EVI, de cada uma das classes de uso e cobertura do solo, e a média geral do município (Figura 3).

**Figura 3 – Fluxograma dos processos realizados para obtenção da LST e do EVI das classes de uso e cobertura em Carlinda - MT.**

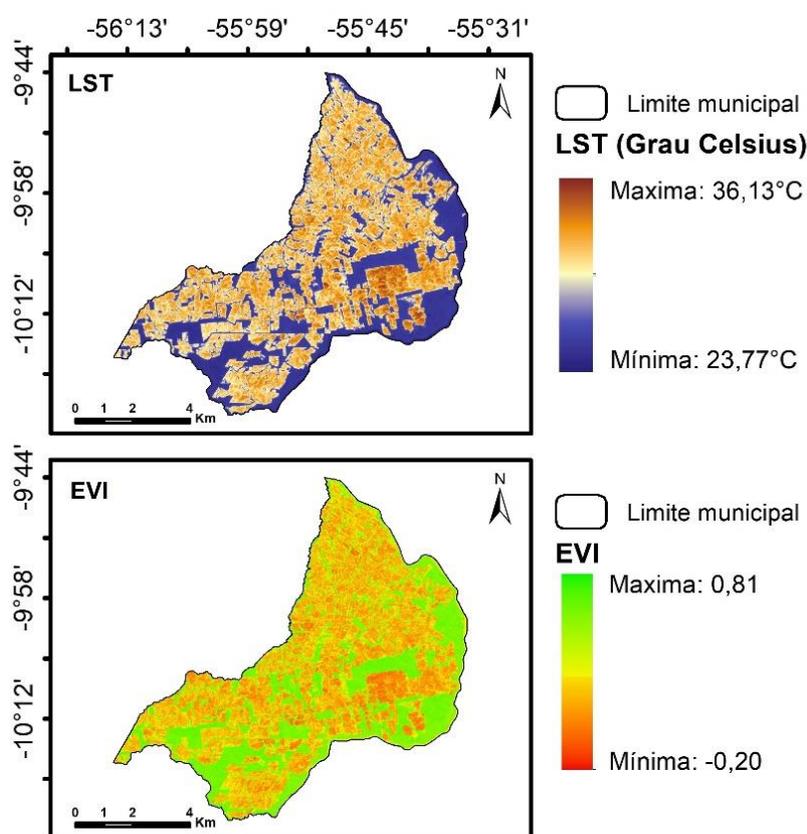


Para analisar se existe diferença estatisticamente significativa entre a LST e o EVI das classes de uso e cobertura do solo em Carlinda, primeiramente realizamos os testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (*Bartlett's test*), seguida da análise de variância (ANOVA) e comparação de médias pelo teste de Tukey.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2013, 65% das áreas florestais de Carlinda já haviam sido substituídas por pastagem, e cerca de 2% foram convertidos até 2017. Nesse intervalo de tempo, a média da LST foi de 28,7° C, e EVI estiveram próximos a 0,5 (Figura 4). Esses valores podem estar relacionados ao fato de que a maior parte das cenas utilizadas neste estudo terem sido obtidas durante a estação seca, que se estende de maio a setembro. Durante a seca, o aumento do estresse hídrico do solo leva a redução da cobertura vegetal que leva ao aumento da temperatura superficial (efeito cascata).

**Figura 4 – Média da temperatura da superfície (LST) e do índice de vegetação realçado (EVI) entre 2013 e 2017.**



As médias de LST e EVI das classes de uso e cobertura do solo em Carlinda foram estatisticamente diferentes entre si ( $p < 0,001$ , Tabela 1). A classe floresta apresentou uma temperatura média de LST consideravelmente inferior às classes de pastagem (- 6,7°C) e área não vegetada (- 7,5°C). Esses resultados corroboram com Silvério et al. (2015) que verificaram que a substituição da vegetação nativa para usos agropecuários na Bacia do Xingu aumentou cerca de 5°C a temperatura da superfície. Gramíneas por terem raízes curtas ficam limitadas a obterem água apenas nas primeiras

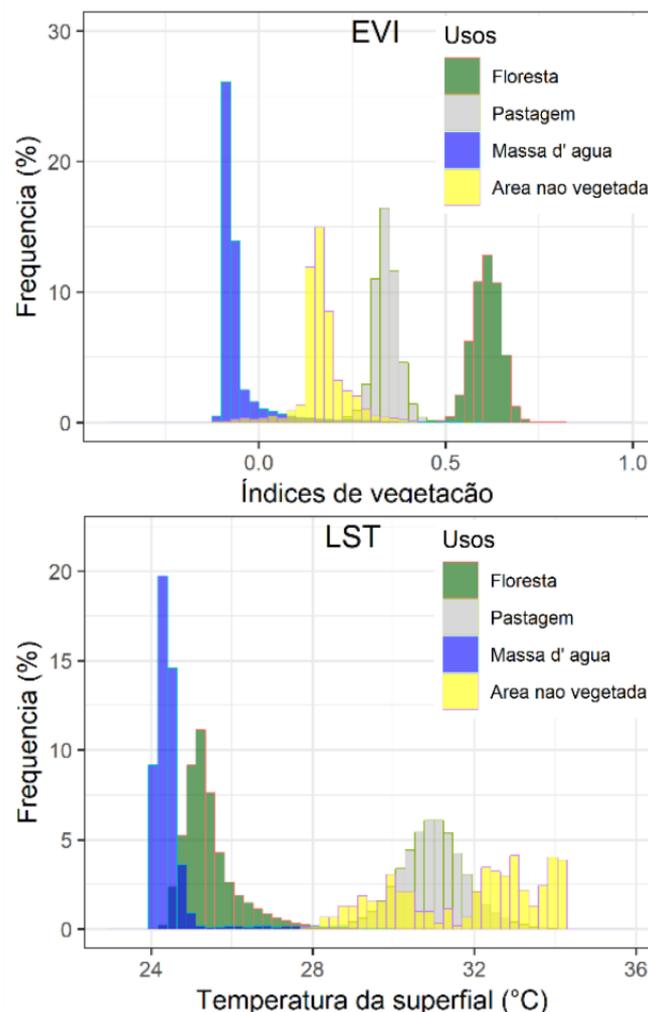
camadas de solo. Em consequência a essa limitação, essas espécies tendem a secar e a aumentar o albedo e a temperatura superficial ainda nos primeiros meses de estiagem das chuvas.

Em relação ao EVI, a classe de floresta apresentou os maiores valores, quando comparadas as classes de pastagem (+ 0,27) e área não vegetada (+ 0,44). A estreita correlação entre a dinâmica espaço-temporal da vegetação e o EVI, permitiu diferenciar bem as classes utilizadas nesse estudo, corroborando o potencial do EVI no monitoramento da cobertura vegetal sobre extensas áreas (CAIONI et al., 2017).

**Tabela 1 – Comportamento do índice de vegetação realçado (EVI) e da temperatura superficial (LST) entre as classes de usos e cobertura da terra no município de Carlinda - MT.**

<i>Temperatura superficial</i>				
<b>Uso e cobertura</b>	<b>Média</b>	<b>Teste de Tukey</b>		<b><i>p</i></b>
Floresta	27,24 ± 0,7°C	Floresta	Pastagem	<0,001
Pastagem	33,94 ± 0,8°C	Floresta	Área não vegetada	<0,001
Área não vegetada	34,79 ± 1,8°C	Floresta	Massa d'água	<0,001
Massa d'água	26,36 ± 0,6°C	Pastagem	Área não vegetada	<0,001
		Pastagem	Massa d'água	<0,001
<i>Índice de vegetação realçado (EVI)</i>				
Floresta	0,61 ± 0,04	Floresta	Pastagem	<0,001
Pastagem	0,34 ± 0,03	Floresta	Área não vegetada	<0,001
Área não vegetada	0,17 ± 0,06	Floresta	Massa d'água	<0,001
Massa d'água	-0,05 ± 0,0	Pastagem	Área não vegetada	<0,001
		Pastagem	Massa d'água	<0,001

**Figura 4 – Índice de vegetação realçado (painel superior) e da temperatura superficial (painel inferior) das classes de usos e cobertura da terra em Carlinda - MT, entre 2013 e 2017.**



As áreas de pastagem apresentaram temperaturas de até 34,74°C, e as áreas não vegetadas até 36,13°C. Essas altas temperaturas da superfície contribuem consideravelmente para o aumento da temperatura do ar. Enquanto nas áreas florestais a temperatura média é em torno 27,24°C, demonstrando que os remanescentes florestais existentes em Carlinda, estão contribuindo para regulação da temperatura do ar no município. Estudos (FEIBER, 2004; SILVERIO et al. 2015) revelam que a cobertura florestal funciona como uma barreira física, absorvendo grande parte da radiação solar que incide sobre a superfície terrestre.

Por manter altos níveis de EVI e menores temperaturas da superfície, os remanescentes florestais prestam serviços ecossistêmicos de extrema importância para a regulação climática, sendo capazes de atenuar as mudanças climáticas regionais causadas por mudanças no uso da terra e ressaltam a importância da preservação dessas

áreas para regulação climáticas. (COE et al., 2013; SILVÉRIO et al., 2015; SPRACKLEN et al., 2012; STICKLER et al., 2013).

## CONCLUSÃO

Em Carlinda-MT (entre os anos de 2013 e 2017) houve a redução de áreas com presença de floresta e massas de água, ao mesmo tempo em que as áreas com lavoura/pastagem plantada aumentaram.

A temperatura da superfície e o NDVI variaram entre os diferentes usos da terra, com as áreas florestadas demonstrando os menores valores térmicos e os maiores valores de NDVI. O inverso foi observado para as áreas isentas de vegetação.

Como um todo, ficou evidente a importância da conservação das áreas de florestas na Amazônia, visto seu papel na amenização da temperatura superficial e conseqüentemente no clima local e regional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711–728, 2013.

BONAN, G., 2002. **Ecological Climatology. Concepts and Applications, Environmental Conservation**. Cambridge University Press, Cambridge.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Programa de Zoneamento-Ecológico-Econômico. **Caderno temático: biodiversidade no âmbito do zoneamento ecológico econômico**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. 240p.

BRASIL. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro: Brasília: PNMA, 1982. 540p.

BUTT, N.; OLIVEIRA, P. A.; COSTA, M. H. Evidence that deforestation affects the onset of the rainy season in Rondonia, Brazil. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 116, n.11. 2011.

CAIONI, C.; NEVES, S. M. A. S; SEABRA JUNIOR, S.; JOSÉ NEVES, R. Análise multitemporal da temperatura superficial do município de Carlinda-Mato Grosso. **Boletim de Geografia**, v. 35, n. 3, 2017.

CÂMARA, G.; SOUZA R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

COE, M. T.; MARTHEWS, T. R.; COSTA, M. H.; GALBRAITH, D. R.; GREENGLASS, N. L.; IMBUZEIRO, H. M.; POWELL, T. L. Deforestation and climate feedbacks threaten the ecological integrity of south-southeastern Amazonia. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v. 368, n. 1619, p. 20120155–20120155, 22 Apr. 2013.

FEIBER, S. D. Áreas verdes urbanas imagem e uso – o caso do passeio público de CuritibaPR. **Revista Ra'eGa**, n.8, p.93-105, 2004.

FOLEY, J. A.; ASNER, G. P.; COSTA, M. H.; COE, M. T.; DEFRIES, R.; GIBBS, H. K.; SNYDER, P. Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 5, n. 1, p. 25-32, 2007.

HIJMANS, R. J.; VAN ETTEN, J.; ETTEN, J.; MATTIUZZI, M. V.; SUMNER, M.; GREENBERG, J. A.; LAMIGUEIRO, O. P.; RACINE, E. B.; SHORTRIDGE, A. raster: Geographic data analysis and modeling. **R package version**, v. 2, p.15, 2014.

HUETE, A. R.; JUSTICE, C.; LEEUWEN, W. V MODIS vegetation index (MOD13). **Algorithm theoretical basis document**, v. 3, p. 213, 1999.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**.Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=510025>>. Acesso em: 21 jan. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Projeto PRODES: Monitoramento da floresta Amazônica Brasileira por satélite. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>. Acessado em: 05 set. 2019.

JUSTICE, C. O; VERMOTE, E; TOWNSHEND, J. R; DEFRIES, R; ROY, D. P; HALL, D. K; LUCHT, W. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 36, p. 1228 – 1247, 1998.

LATRUBESSE, E.M.; ARIMA, E.Y.; DUNNE, T.; PARK, E.; BAKER, V.R.;

HORTA, F.M.; WIGHT, C.; WITTMANN, F.; ZUANON, J.; BAKER, P.A.; RIBAS, C.C.; NORGAARD, R.B.; FILIZOLA, N., 2017. Damming the rivers of the Amazon basin. **Nature Publishing Group**, 546, 363–369.

MACEDO, M. N.; COE, M. T.; DEFRIES, R.; URIARTE, M.; BRANDO, P. M.; NEILL, C.; WALKER, W. S. Land-use-driven stream warming in southeastern Amazonia. **Phil. Trans. R. Soc. B**, v. 368, n. 1619, 2013.

MAPBIOMAS, 2018. **Projeto MapBiomass** – Coleção 3.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Disponível em: < <http://www.seplan.mt.gov.br>>. Acesso em: 6 jun. 2019.

MATO GROSSO. **Mapa de Vegetação. Zoneamento Sócio-Econômico Ecológico. 2002**. Disponível em: < <http://www.seplan.mt.gov.br>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

MALHI, Y.; ROBERTS, J. T.; BETTS, R. A.; KILLEEN, T. J.; LI, W.; NOBRE, C. A. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. **Science**, v. 319, n. 5860, p.169–72, 2008.

PANDAY, P.K.; COE, M.T.; MACEDO, M.N.; LEFEBVRE, P.; CASTANHO, A.D. de A., 2015. Deforestation offsets water balance changes due to climate variability in the Xingu River in eastern Amazonia. **Journal of Hydrology**, 523, 822–829. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.02.018>.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas de Desenvolvimento Humano**. Disponível em: <[www.pnud.org.br](http://www.pnud.org.br)>. Acessado em: 11 dez. 2018.

ROSS, J. S. O relevo no processo de produção do espaço. *In*: MORENO, G.; SANTOS, G. V.; DIAS, H. C. T.; SILVA, A. P. S.; MACEDO, M. N. C. Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do córrego Romão dos Reis, Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v. 31, n. 5, p. 931-940, 2007.

SILVÉRIO, D.V.; BRANDO, P.M.; MACEDO, M.N.; BECK, P.S.; BUSTAMANTE, M.; COE, M.T. Agricultural expansion dominates climate changes in southeastern Amazonia: the overlooked non-GHG forcing. **Environmental Research Letters**, v.10, n.10, p.104015, 2015.

SPRACKLEN, D. V.; ARNOLD, S. . R.; TAYLOR, C. M. Observations of increased

tropical rainfall preceded by air passage over forests. **Nature**, p. 1–5, 2012.

STICKLER, C. M., COE, M. T., COSTA, M. H., NEPSTAD, D. C., MCGRATH, D. G., DIAS, L. C., SOARES-FILHO, B. S. Dependence of hydropower energy generation on forests in the Amazon Basin at local and regional scales. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 110, n. 23, p. 9601–6, Jun. 2013.

TARIFA, J. R. **Mato Grosso: clima – análise e representação cartográfica**. Cuiabá: Entrelinhas, 2011. 102p.

VANWEY, L. K.; SPERA, S.; SA, R.; MAHR, D.; MUSTARD, J. F. Socioeconomic development and agricultural intensification in Mato Grosso. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 368, n. 1619, p. 20120168, 2013.

## CAPÍTULO 10

**TEMPERATURA DA SUPERFICIAL EM UM ANO DE SECA  
EXTREMA***Charles Caioni*

**RESUMO:** Eventos extremos de seca que eram raros na Amazônia, vem torrando-se mais frequentes nos últimos anos. Ao mesmo tempo, o desmatamento tem prolongado a estação seca no sudeste Amazônico. Desta forma, objetivou-se, (i) avaliar o desflorestamento da microbacia entre 1984 e 2015; (ii) avaliar o comportamento da Temperatura superficial - LST em um ano de seca extrema, e ainda, (iii) a existência de distinção entre os valores observados na estação seca e chuvosa. Inicialmente foi identificado o ano com maior intensidade da seca entre 2000 e 2015. Posteriormente, a partir de dados de LST disponibilizados pela plataforma Google Earth Engine, foi realizado a quantificação da LST na microbacia para o ano em questão. Todas as análises mencionadas foram realizadas no programa R. Constatou-se forte dinâmica da temperatura superficial ao longo da maior parte da microbacia. Identificou-se os maiores valores térmicos para o período seco, possivelmente em decorrência da redução da distribuição pluviométrica e do processo de secagem da vegetação. Encontrou-se ainda os menos valores de temperatura superficial para os locais de vegetação nativa e os maiores para os ambientes de solo exposto ou pastagem degradada. De modo geral tornou-se evidente a necessidade do desenvolvimento de estudos que permitam análises de macro escala do comportamento da temperatura superficial outras sub bacias, visto que este cenário pode ser comum nas demais regiões da Amazônia.

**Palavras-chave:** Amazônia Meridional, produtos orbitais, seca extrema, unidade hidrográfica.

**INTRODUÇÃO**

Eventos de seca que eram raros na Amazônia têm tornado mais frequentes nos últimos anos (COX et al., 2008, MALHI et al., 2008). Suas causas compreendem desde o aumento dos gases de efeito estufa (KHANNA et al., 2017) a elevação da temperatura das águas do Oceano Atlântico Norte (SST), Pacífico Sul (El Niño) e o deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ITCZ) (LEWIS et al., 2011, MARENGO et al., 2008). Estudos sugerem ainda, que o desmatamento pode intensificar seus efeitos negativos, aumentando ainda mais os prejuízos causados as populações locais e regionais. O efeito do desmatamento já tem sido observado no Sudeste amazônico, onde houve um aumento de 18 dias na duração da estação somente nas últimas três décadas (BUTT et al., 2011).

Durante os anos de 2000 a 2005 o estado de Mato Grosso chegou a representar 40% de todo o desmatamento ocorrido na Amazônia brasileira (Macedo et al. 2011). Embora esses percentuais tenham reduzido nos anos seguintes em decorrência da flutuação do preço de commodities e de iniciativas públicas, atualmente o desmatamento no estado ainda é recorrente.

A perda da cobertura floresta pode implicar em mudanças no balanço de energia, isso porque os diferentes elementos da paisagem possuem diferentes capacidades de refletância e absorção da energia. Áreas desmatadas tendem a exibir maior temperatura da superfície que áreas florestadas, isso porque grande parte da radiação que atinge a copa das árvores é utilizada no processo de fotossíntese (PEREIRA et al., 2012; NOBRE et al., 2007).

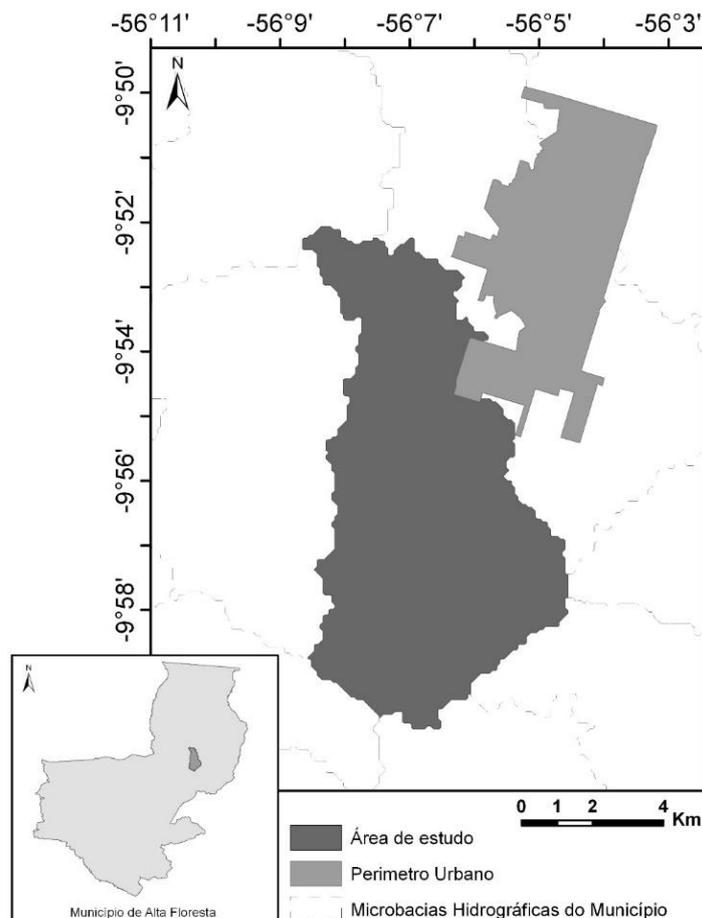
O aumento exacerbado da temperatura da superfície em unidades hidrográficas pode colocar em risco a perpetuação da disponibilidade hídrica de bacias hidrográficas. Assim é de suma importância o monitoramento dessas áreas. Nessa conjectura, o sensoriamento remoto torna-se uma importante ferramenta, permitindo a obtenção de grandes conjuntos de dados em curto espaço de tempo.

Em meio a esse contexto, está a microbacia Mariana que é utilizada no abastecimento da população urbana e rural do município de Alta floresta. Desta forma, objetivou-se, (i) avaliar o desflorestamento da microbacia entre 1984 e 2015; (ii) avaliar o comportamento da Temperatura superficial - LST em um ano de seca extrema, e ainda, (iii) a existência de distinção entre os valores observados na estação seca e chuvosa.

## MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi realizado na microbacia Mariana (MBM), que pertence ao município de Alta Floresta/MT, está localizada entre as coordenadas geográficas 56°9'0" a 56°6'0" W e 9°52'0" a 10°0'0" S (Figura 1). Sua área total é de 5.785 ha.

**Figura 1. Microbacia Mariana, extremo norte do estado de Mato Grosso.**

O clima da região é do tipo Aw (ALVARES et al., 2014), com chuvas de verão, característica climática de regiões de savana, com precipitação anual média anual de 1800 mm/ano (MENDONÇA; DANIOLIVEIRA, 2007). A vegetação é característica da transição Cerrado-Amazônia.

### **Procedimentos metodológicos**

Para atender o objetivo proposto primeiramente, foram obtidos os diferentes usos da terra entre 1984 e 2015. Em seguida foi realizada a identificação do ano que exibiu maior intensidade da seca entre 2000 e 2015. Posteriormente, foi quantificado a LST para o ano em questão. Por último, foi quantificada (para a estação seca e chuvosa) a representatividade de cada classe de LST para a microbacia. Para a estação seca foi utilizado a média da LST resultante de 7 imagens LANDSAT (órbita/ponto 227/67) datadas em 05/06/2010, 15/06/2010, 13/06/2010, 29/06/2010, 07/07/2010, 23/07/2010, 31/07/2010. Para a estação chuvosa, a média foi obtida a partir de 5 imagens

(20/01/2010, 10/04/2010, 18/04/2010, 26/04/2010, 01/09/2010). Todas as análises citadas foram realizadas no programa R.

#### Mapas de uso da terra

Para a elaboração dos mapas temáticos foram utilizadas quatro imagens do satélite LANDSAT 5, (08/08/1984/, 24/07/1990, 05/09/2000, 31/07/2019) e uma imagem do LANDSAT 8 (30/08/2015), ambas pertencentes a órbita/ponto 227/67.

Para a construção dos mapas temáticos selecionou-se as bandas 3, 4 e 5 do satélite Landsat 5TM e 4, 5 e 6 do Landsat 8. Através do software SPRING 4.3 aplicou-se os procedimentos de recorte, segmentação e posterior classificação. Ao todo foram definidas quatro classes (Tabela 1).

**Tabela 1 – Classes de uso e cobertura das terras adotadas.**

Classes	Descrição
Corpos d'água	Rios, lagos e reservatórios
Cobertura Florestal	Todos os tipos de formações florestais existentes na área
Pastagem	Extrato com predomínio de gramíneas com indivíduos arbóreos em baixa densidade
Solo exposto	Solos isentos de cobertura vegetal

As terminologias e as descrições consideradas no mapeamento de uso e cobertura da terra foram adaptadas a partir da classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical do Projeto Radambrasil (BRASIL, 1982). O modelo de classificação foi validado por meio de visitas a campo. As quantificações das classes temáticas foram realizadas por meio do software R versão 3.0.2 com o auxílio do pacote raster (HIJMANS, 2014).

Identificando o com a maior intensidade da seca

A identificação do ano de maior intensidade da seca no estado de Mato Grosso ocorreu por meio do calculado do Déficit Hídrico Climatológico Máximo (MCWD) (Equação 1).

$$\begin{cases} CWDn = CWDn - 1 + Pn - ETn; \\ Max(CWDn) = 0; \\ CWD0 = CWD12; \\ MCWD = Min(CWD1 \dots CWD12) \end{cases} \quad (Eq. 1)$$

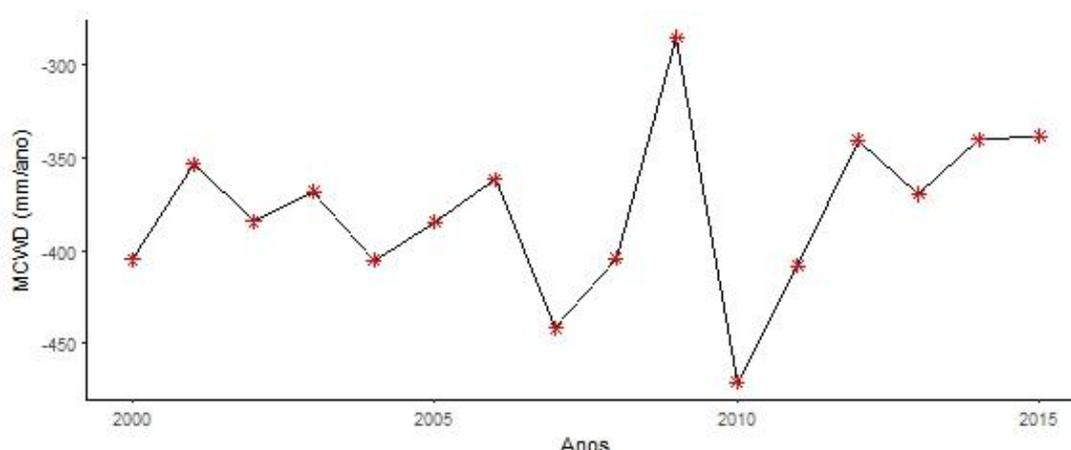
Onde, ETn representa a evapotranspiração, Pn a precipitação, CWD o déficit hídrico mensal e o MCWD o Déficit Hídrico Climatológico Máximo. Para a

precipitação foram utilizados dados do satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission).

Consideramos que a evapotranspiração mensal na área foi de 100 milímetros, mediante esse o valor emitido em florestas tropicais úmidas em condições normais (não seca) (MALHI et al. 2002; FISHER et al. 2009). Se a precipitação mensal da floresta (pixel) for menor que 100 mm, a mesma entra em estado de déficit hídrico; caso contrário, o CWD é definido como zero. O MCWD consiste no valor mais negativo do déficit hídrico climatológico (CWD), obtido ao longo do ciclo anual (Aragão et al., 2007).

O ano de 2010 por ter exibido maior déficit hídrico entre 2000 e 2015 foi escolhido como ano de estudo (Figura 2).

**Figura 2 – Comportamento temporal do Índice Máximo de déficit hídrico – MCWD para o estado de Mato Grosso. A linha em vermelho representa a média histórica. O MCWD foi obtido a partir do produto de precipitação 3B42\_TRMM (sensor Tropical Rainfall Measuring Mission-TRMM) (HUFFMAN et al., 2007).**



### **Temperatura superficial - LST**

Os dados de temperatura superfície foram obtidos por meio do aplicativo Fluxo de evapotranspiração do Google Earth Engine-EEFlux (<https://eeflux-level1.appspot.com>) que foi projetado e desenvolvido na plataforma Google Earth Engine (GEE).

### **Análise dos dados**

Por meio do programa R versão 3.0.2, pacote Raster (HIJMANS et al., 2014) foram definidas cinco classes de LST. Essas foram quantificadas e utilizadas para a

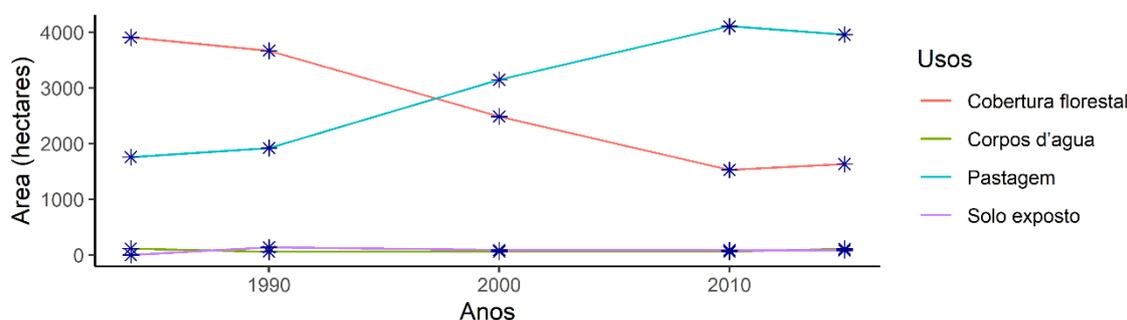
criação dos layouts. A fim de identificar os diferentes usos da terra existentes em 2010, utilizamos ainda dados de campo disponibilizados por Caioni et al (2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Uso e cobertura da terra

Em 1984 a microbacia possuía 3910,08 ha (67,59%) de cobertura florestal e 1759,22 (30,41%) ha de Solo Exposto e 115,70 ha (0,02%) de lâmina d'água, isso possivelmente devido o município ter iniciado sua colonização a partir de 1976, assim o curto espaço temporal não foi o suficiente para grandes reduções da cobertura florestal. É preciso ressaltar ainda que naquela época as tecnologias empregadas na remoção da floresta eram rudimentares comparadas as de hoje em dia (Figura 3).

**Figura 3. Uso e cobertura da terra entre 1984 e 2015.**



No ano de 1990 a cobertura florestal compreendia 63,44% (3670 ha) da bacia, ao mesmo tempo em que a pastagem, solo exposto e os corpos d'água compreendiam 33,20% (1920,62 ha), 2,36% (136,53 ha) e 0,01% (57,85 ha), respectivamente. Entre 1984 e 1990 a redução da cobertura florestal foi impulsionada não apenas pelo aumento da pecuária extensiva na região, mas também, pela extração de madeira. Nesse período, o também aumento de áreas com solo exposto, possivelmente esteve relacionado ao elevado estado de degradação das pastagens na região. O manejo inadequado da pastagem associado à falta de práticas de conservação do solo é uma das principais causas da degradação da pastagem na microbacia (BERTONI; LOMBARDI, 1990).

Para o ano 2000 foram identificados, 2488,13 ha com Cobertura florestal (43,01%), 3148,78 ha com Pastagem (54,43%), 87,35 ha com Solo Exposto (0,015%) e 60,740 ha de Corpos D'água (0,011%). Entre 1990 e 2000, é possível observar que a perda da cobertura florestal foi maior em áreas próximas a estradas e rodovias, possivelmente em decorrência da facilidade de acesso a esses locais (LOPES, 2008).

Em 2010, a pastagem com 4110,24 ha (71,05%) continuava a ser o principal uso da terra na microbacia, seguido da Cobertura florestal com 1528,98 ha (26,43%), Solo Exposto com 86,2 ha (0,015%) e Corpos D'água 59,59 ha (0,010%). O período de 2000 a 2010 foi caracterizado como de consolidação da pecuária extensiva, na microbacia.

Embora as áreas de pastagem tenham demonstrado um pequeno decréscimo em 2015, sua área ainda totalizou 3958,68 ha (68,43%). Pela primeira vez, foi observado um aumento da cobertura florestal na bacia que exibiu de 1634,26 (28,25%). Nesse mesmo período ainda foi constatado 82,15 ha (0,014) de solo exposto e 109,92 ha (0,019%) de corpos d'água. De modo geral, neste último ano, a cobertura florestal demonstrou-se fragmentada e presente principalmente próximo a cursos hídricos. Isso devido aos produtores rurais preservarem de floresta nativa apenas o que é prevista na Lei Complementar n° 412 (MATO GROSSO, 2010), que delimita a proteção integral de 50 metros ao redor das nascentes e 30 metros ao entorno dos cursos hídricos.

### Temperatura superficial em 2010

Em Mato Grosso a seca de 2010 foi intensa, possivelmente decorrente do fenômeno El Nino que reduziu significativamente as chuvas na Amazônia (LEWIS et al., 2011). Cabe ressaltar ainda que, 3 anos antes (2007), o estado de Mato Grosso havia passado por uma forte estiagem das chuvas, o que pode ter potencializando assim a seca de 2010, visto que a recarga do lençol freático é gradual e acumulativa (MALHI et al., 2008).

Em 2010 a LST media na microbacia Mariana foi de 29,06°C. Durante a estação seca e chuvosa LST média foi de 32,03 e 25,59°C, respectivamente. Apresentando uma amplitude térmica de (~18°C), o período seco exibiu menor estabilidade térmica quando comparado ao período chuvoso (~13°C). Esses valores são decorrentes da redução das chuvas entre maio e setembro (Tabela 1) ocasionar a secagem da vegetação e o aumento da LST (CAIONI et al., 2014).

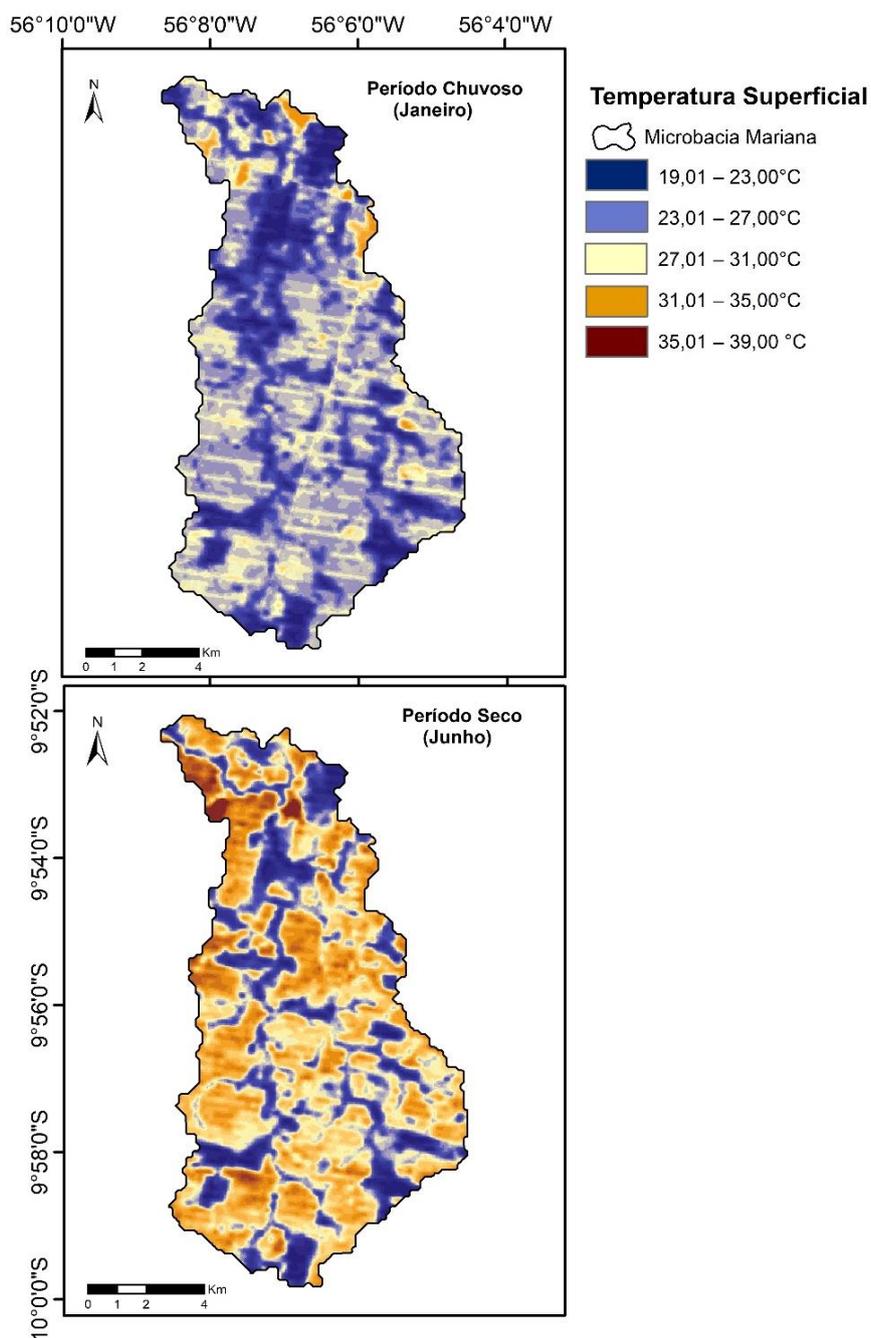
**Tabela 1. Distribuição pluviométrica (milímetros) do município de Alta Floresta para o ano de 2010.**

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
415,1	325	355,1	215	85	26	35	85	187,2	195	310,2	358,8

As classes térmicas de 19,01 a 23,00°C esteve presente em 27,05% (1758,52 km<sup>2</sup>) da microbacia durante a estação chuvosa em 2010. Na estação seca, essa classe ocorreu em apenas 9,62% (625,4km<sup>2</sup>) da microbacia (Figura 4). Esses resultados são decorrentes da baixa presença de cobertura florestal nas áreas. A floresta durante a

estação seca, sobrepõe o solo por meio da copa das árvores. Estudos (FEIBER, 2004, SILVÉRIO et al. 2015) revelam que a cobertura florestal funciona como uma barreira física que absorvendo grande parte da radiação solar incidente sobre a superfície terrestre.

**Figura 4. Dinâmica da temperatura superficial na microbacia.**



Constatou-se ainda que a classe de 23,01 a 27,00°C é a mais expressiva no período chuvoso ocupando 54,63% (3551,5Km<sup>2</sup>) de toda a área. Para o período seco verificamos uma representatividade de apenas 15,63% (1016,1 km<sup>2</sup>). Esse resultado é

decorrente da forte presença de chuvas durante a estação chuvosa (Tabela 1). Com maior disponibilidade hídrica a vegetação de alto e baixo porte tendem a aumentar sua taxa de fotossíntese e conseqüentemente de evapotranspiração e assim resfriar a superfície da terrestre.

Representando 18,32% (1190,99km<sup>2</sup>) da área no período chuvoso e 19,58% (1272,9Km<sup>2</sup>) no período seco a classe 27,01 – 31,00°C demonstrou-se com de transição entre os baixos e médios valores de temperatura. Estas regiões de transição são formadas em decorrência do processo de difusão que permite a condução de calor de ambientes mais quentes para áreas mais frias (RODRIGUES; BORGES, 2012).

Com uma representatividade de 51,43% (3343,46km<sup>2</sup>) verificou-se que a classe de 31,01- 35,00°C foi a de maior representatividade no período seco, isso porque a elevada presença de pastagem na microbacia que vem em períodos de forte estiagem a reter menor quantidade de água e assim a reduzir seu processo de evapotranspiração (PRIMAVESI et al., 2007). Outro fator é que devido as espécies gramíneas possuírem raízes curtas, ficam limitadas a obter água penas nas primeiras camadas do solo, isso contribui para que venham a secar e a aumentar consideravelmente a LST.

Representando 3,74% da microbacia (243,14Km<sup>2</sup>) a classe térmica de (35,01°C a 39,00°C) foi observada apenas na estação seca, estando associada a locais de solos expostos ou pastagens degradadas. Esse resultado é preocupante, visto que o aumento excessivo da temperatura superficial pode ocasionar a intensificação da seca, comprometendo assim a disponibilidade hídrica da microbacia

## CONCLUSÃO

Entre 1984 a 2015 a perda da cobertura vegetal na microbacia investigada ocorreu devido a necessidade do aumento das áreas de pastagem para a criação bovina de gado. O aumento da extração legal e ilegal de madeira também pode ter contribuído para o aceleramento do desmatamento na área.

Em 2010 a temperatura superficial na microbacia foi alta, sobretudo durante a estação seca. A distribuição da LST na microbacia demonstrou ser resultante dos diferentes usos da terra, visto que, os maiores valores térmicos ocorreram em áreas de pastagem seca, e os menores em ambientes florestais.

Nessa perspectiva ressalta-se a importância da conservação dos remanescentes florestais, visto seu papel na contenção do aumento exacerbado da LST.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ARAGÃO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; ROMAN-CUESTA, R. M.; SAATCHI, S.; ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts *Geophys. Res. Lett.* 34 1–5. 2007.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711 728, 2010.

BERTONI, I.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone Editora, 1990. 355p

BRASIL. **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro: Brasília: PNMA, 1982. 540p.

BUTT, N.; OLIVEIRA, P. A.; COSTA, M. H. Evidence that deforestation affects the onset of the rainy season in Rondonia, Brazil. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 116, n.11. 2011.

CAIONI, C.; SILVA, E. P.; ROBOREDO, D.; SILVA, G. J. O.; CAIONI, S. Proposta de pagamentos por serviços ambientais na microbacia Mariana no município de Alta Floresta, Mato Grosso. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, vol. 16, n. 1, p. 1-12, 2018.

CAIONI, C.; CAIONI, S.; SILVA, A. C. S.; PARENTE, T. L.; ARAÚJO. Análise da distribuição pluviométrica e de ocorrência do fenômeno climático ENOS no município de Alta Floresta-MT. *Enciclopédia Biosfera*, v.10, n.19. p.2656-2666, 2014.

COX, P. M.; HARRIS, P. P.; HUNTINGFORD, C.; BETTS, R. A.; COLLINS, M.; JONES, C. D.; NOBRE, C. A. Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution. *Nature*, v. 453, n. 7192, p. 212, 2008.

FEIBER, S. D. Áreas verdes urbanas imagem e uso – o caso do passeio público de CuritibaPR. *Revista Ra'eGa*, n.8, p.93-105, 2004.

FISHER, J. B.; MALHI, Y.; BONAL, D.; DA ROCHA, H. R.; DE ARAÚJO, A. C.; GAMO, M.; GOULDEN, M. L.; RANO, T. H.; HUETE, A. R.; KONDO, H.; KUMAGAI, T.; LOESCHER, H. W.; MILLER, S.; NOBRE, A. D.; NOUVELLON, Y.; OBERBAUER, S. F.; PANUTHAI, S.; ROUPSARD, O.; SALESKA, S.; TANAKA,

K.; TANAKA, N.; TU, K. P.; VON RANDOW, C. The land-atmosphere water flux in the tropics. **Glob. Chang. Biol.**, 15, 2694–714. 2009.

HIJMANS, R. J.; VAN ETTEN, J.; ETTEN, J.; MATTIUZZI, M. V.; SUMNER, M.; GREENBERG, J. A.; LAMIGUEIRO, O. P.; RACINE, E. B.; SHORTRIDGE, A. raster: Geographic data analysis and modeling. **R package version**, v. 2, p.15, 2014.

HUFFMAN, G. J.; BOLVIN, D. T.; NELKIN, E. J.; WOLFF, D. B.; ADLER, R. F.; GU, G.; HONG, Y.; BOWMAN, K. P. STOCKER, E. F. The TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. **Journal of hydrometeorology**, v. 8, n. 1, p. 38-55, 2007.

KHANNA, J., D.; MEDVIGY, S.; FUEGLISTALER R.; WALKO, R. Regional dry-season climate changes due to three decades of Amazonian deforestation. **Nature Climate Change**, v. 7, n. 3, p. 200, 2017.

LOPES, R.M; CARVALHO, L. F.M; LIMA, A. M. MARIANO, Z. F. Variabilidade da temperatura do ar no entorno da Usina Hidroelétrica Barra dos Coqueiros-GO. **Revista Geonorte**, v.2, n.4, p.1071 – 1078, 2012.

LEWIS, S. L.; BRANDO, P.; PHILLIPS, O. L.; HEIJDEN, G. M. F; NEPSTAD, D. The 2010 amazon drought. **Science**, v. 331, n. 6017, p. 554-554, 2011.

LOPES, L. H. M. Uso e cobertura do solo no Município de Tailândia-PA utilizando o TM/LANDSAT e técnica de classificação não supervisionada. **Revista da Escola de Engenharia da UFF**. v. 10, n. 2, p. 126-132. 2008.

MALHI, Y.; ROBERTS, J. T.; BETTS, R. A.; KILLEEN, T. J.; LI, W.; NOBRE, C. A. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. **Science**, v. 319, n. 5860, p.169–72, 2008.

MATO GROSSO. Lei Complementar No 412, de 13 de dezembro de 2010. Dispõe sobre alterações na Lei Complementar no 38, de 21 de novembro de 1995, na Lei Complementar No 232, de 21 de dezembro de 2005, Lei Complementar No 233, de 21 de dezembro de 2005, a Lei Complementar No 343, de 24 de dezembro de 2008 e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Mato Grosso (DOEMT). Cuiabá,13 dez. 2010.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. 12, 2011.

NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; SALAZAR, L. Mudanças climáticas e Amazônia. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 22-27, 2007.

PEREIRA, C. C.; MARIANO, Z. F.; WACHHOLZ, F. Análise da temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na Bacia Barra dos Coqueiros (Goiás). **Revista Geonorte**, v.2, n.5, p.1243 – 1255, 2012.

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M. S. **Mudanças climáticas: visão tropical integrada tropical. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007.**

RODRIGUES, L. J.; BORGES, V. Estudo da condução de calor transiente através do método das diferenças finitas explícito. **Revista Liberato**, v. 13, n. 19, p. 1-84, 2012.

SILVÉRIO, D.V.; BRANDO, P.M.; MACEDO, M.N.;BECK, P.S.; BUSTAMANTE, M.; COE, M.T. Agricultural expansion dominates climate changes in southeastern Amazonia: the overlooked non-GHG forcing. **Environmental Research Letters**, v.10, n.10, p.104015, 2015.

## CAPÍTULO 11

**ESTIMATIVA DO BALANÇO HÍDRICO DA BACIA DO RIO  
TAPAJÓS, MATO GROSSO***Charles Caioni**Antônio Carlos Silveiro da Silva**Wesley Vicente Claudino*

**RESUMO:** O entendimento do balanço hídrico em unidade hidrográfica é de grande importância. É a partir do seu conhecimento que é possível traçar estratégias eficazes, voltadas tanto para a conservação ambiental, quanto para o aumento da produtividade agrícola. Nesta conjectura, objetivou-se avaliar (de forma temporal) a ocorrência de mudanças extremas no balanço hídrico da Bacia do Rio Tapajós-MT. O balanço hídrico da bacia foi obtido a partir dos produtos 3B42\_TRMM (sensor Tropical Rainfall Measuring Mission-TRMM), MOD16A2 (sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer-MODIS) e GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment). Ao longo de 2010 houve uma redução anormal do saldo do balanço hídrico, o inverso ocorreu para 2014. A redução evidenciada em 2010 pode estar relacionada a fortes reduções pluviométricas que ocorreram em grande parte da Amazônia mato-grossense. Na Bacia do Rio Tapajós a evapotranspiração é responsável por grande parcela de água que retorna a atmosfera, demonstrando assim a importância de preservação da vegetação nativa. De modo geral, embora nossos resultados tenham demonstrado consistência, ressaltamos que devido à baixa resolução espacial dos produtos utilizados, há uma considerável margem de incertezas em nossos resultados, assim, sugerimos novas pesquisas na região, para aferimentos mais definitivos.

**Palavras-chave:** Sudeste Amazônico; Bacia hidrográfica; Processos biogeoquímicos; Precipitação.

**INTRODUÇÃO**

A compreensão do balanço hídrico em unidades hidrográficas é extremamente importante (BECKER; NEMEC 1987, COSTA; FOLEY, 1997, VALCARCEL, 1985, VÖRÖSMARTY ; MOORE, 1991). Do ponto de vista ecológico, a quantidade de água que permanece em um sistema (bacia hidrográfica) podem determinar a característica da vegetação, mediante a tolerância ao déficit hídrico selecionar as espécies que podem ocorrer naquela área. Do ponto de vista econômico, a compreensão do balanço hídrico pode auxiliar na tomada correta de decisões na atividade agrícola, levando a maior produtividade e ganhos financeiros (FIETZ et al., 2001).

O saldo do balanço hídrico pode ser influenciado tanto por processos antrópicos quanto naturais (MARQUES et al., 1977). Estudos recentes revelam que o desmatamento na Amazônia pode interferir no ciclo hidrológico local e regional, reduzindo a emissão de vapor de água para a atmosfera via evapotranspiração (RANDOW et al., 2004). Eventos extremos do clima como o El Niño de 2010 e a La Niña de 2009, também podem mudar drasticamente o saldo do balanço hídrico, ocasionando secas ou enchentes severas (LEWIS et al., 2011, VALE et al., 2011). Isso é preocupante, ainda mais, quando estudos demonstram que eventos extremos de seca irão se tornar ainda mais frequentes na Amazônia (COX et al., 2008, NICHOLLS et al., 1996, STAINFORTH et al. 2005, IPCC AR5, 2013).

Tais predições já estão sendo observadas no sudeste amazônico, que demonstrou três eventos extremos (2005, 2007 e 2015) somente nos últimos 19 anos (MARENGO et al., 2008, BUTT et al., 2011). Em 2005 houve um aumento na temperatura superficial do oceano (SST) Atlântico. Este aumento ocasionou uma forte redução da precipitação sobre a região amazônica, levando a perdas na agricultura e na emissão de 1.6 Pg de carbono pela floresta amazônica (LEWIS et al., 2011, FEARNSIDE, 2009). Durante o ano de 2010 a SST tornou a se elevar forçando o deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ITCZ) para o norte. Exibindo sua maior intensidade no período da seca a floresta amazônica chegou a emitir 2,2 Pg ao decorrer do referido evento (LEWIS et al., 2011). Em 2015 houve um forte evento de El Niño, como não registrado nos últimos 18 anos (MUÑOZ et al. 2016), o que ocasionou o deslocamento da Massa Equatorial Continental para a região Sul, levando novas reduções de precipitação na região Amazônica.

Na Amazônia a estimativa do balanço hídrico em bacias hidrográficas é um problema de difícil solução, não apenas devido a dimensões e características da região, mas também pela ocorrência de lacunas nos dados históricos obtidos de forma local difícil (COSTA; FOLEY, 1999). Nesta perspectiva, uma alternativa aos métodos diretos de obtenção de dados (estações meteorológicas) é o uso de dados obtidos a partir de sensores acoplados em plataformas orbitais (COE et al., 2002). Entre os produtos mais utilizados, temos para a precipitação o produto 3B42\_TRMM (sensor *Tropical Rainfall Measuring Mission-TRMM*) (HUFFMAN et al., 2007), enquanto que para a evapotranspiração temos o MOD16A2 coleção 005 (sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer-MODIS*) (MU et al., 2011), e para a água armazenada no solo há o GRACE (*Gravity Recovery and Climate Experiment*) (WARD, 2004).

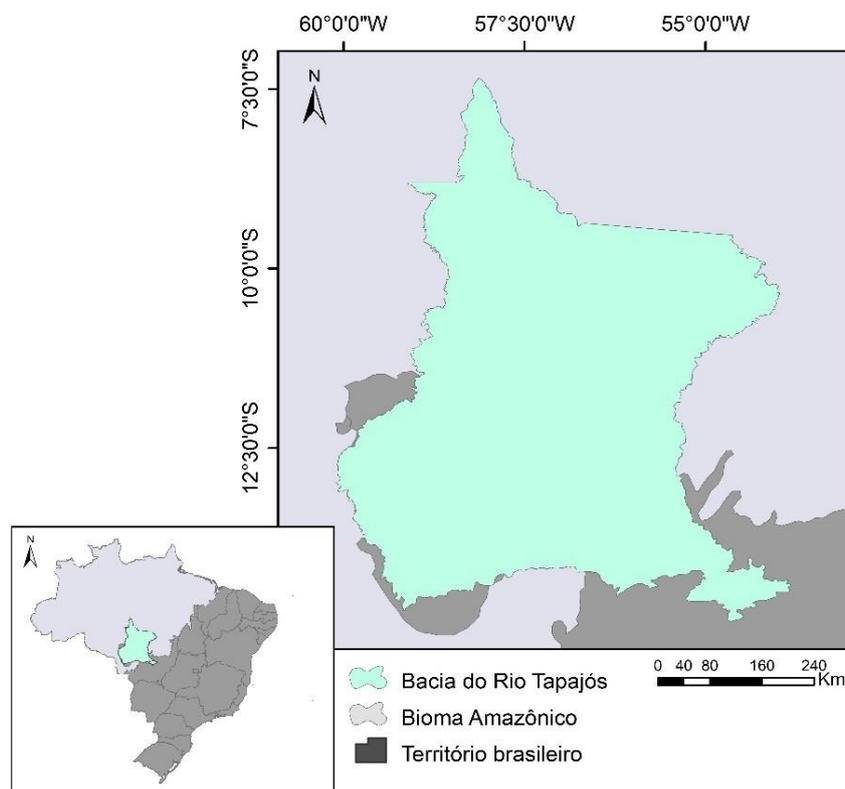
Situada ao Sul da Amazônia está localizada a Bacia hidrográfica do Rio Tapajós/MT, as áreas pertencentes a essa unidade hidrográfica são importantes tanto por auxiliar na movimentação da economia nacional, mediante a elevada produção de carne e grãos, quanto por abrigarem uma das mais ricas fauna e flora do planeta (COELHO-SOUZA; MIRANDA 2007; FEARNSSIDE, 2015). Nessa perspectiva, o presente trabalho objetivou avaliar (de forma temporal) a ocorrência de mudanças extremas no balanço hídrico da Bacia do Rio Tapajós-MT.

## MÉTODOS

### Área de estudo

A área de estudo abrange a Bacia do Rio Tapajós em Mato Grosso, uma região transicional entre o Cerrado e a Floresta Amazônica. Com uma área de drenagem de aproximadamente 403.440 km<sup>2</sup>, seus principais afluentes são os rios Juruena e Teles Pires ou São Manuel (Figura 1). A bacia além de exibir elevado potencial energético (hidroeletricidade) é responsável pelo abastecimento de água das populações locais e pelo e dessedentação de animais (SANTO et al., 2014).

**Figura 1 – Localização da Bacia do Rio Tapajós, Sudeste Amazônico. A imagem foi obtida a partir de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), organizados no programa ArcGis, versão 9.2 (ESRI, 2007).**

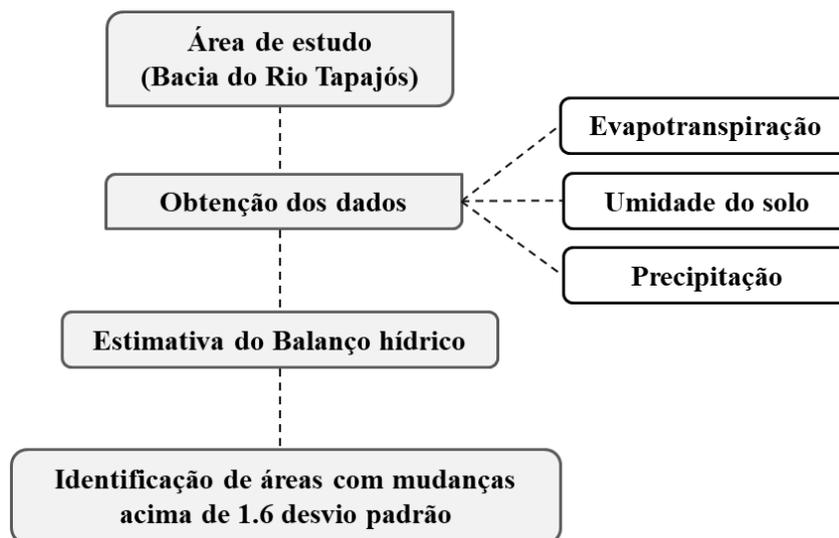


O clima da região é do tipo Aw (ALVARES et al., 2014), com chuvas de verão, característica climática de regiões de savana, com precipitação anual média anual de 1800 mm/ano (MENDONÇA; DANILIVEIRA, 2007, HIJMANS et al., 2005). A vegetação é característica da transição Cerrado-Amazônia.

### Procedimentos metodológicos

Para o cálculo do balanço hídrico foram realizados diferentes procedimentos (Figura 2), primeiramente, foram obtidos dados de precipitação do sensor *Tropical Rainfall Measuring Mission-TRMM* (produto *TRMM\_3B42*, versão 7) (HUFFMAN et al., 2007), e de evapotranspiração do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer-MODIS* (produto *MOD16A2*, coleções 5) (Mu et al., 2011). Para a variável umidade do solo utilizou-se dados do satélite *GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment)* (Ward, 2004). Todos os produtos (*TRMM\_3B42*, *MOD16A2*, *GRACE*) foram obtidos na plataforma *Google Earth Engine (GEE)*.

**Figura 2 – Diagrama representativo das análises adotadas no presente estudo.**



Em seguida, foi calculado as somas anuais das séries históricas de cada produto orbital. Neste sentido, consideramos os meses de outubro e setembro como início e fim de cada hidroperíodo, a fim de reduzir o efeito tardio que ocorre entre a precipitação e a recarga dos rios. A estimativa do balanço hídrico para a Bacia do Rio Tapajós ( $Q$ ) foi realizada conforme equação 1.

$$Q = PPT - ET - U \quad (\text{Eq.1})$$

Sendo:

$Q$ =balanço hídrico;

$PPT$ = precipitação anual;

$ET$ = evapotranspiração;

$U$ = umidade.

### Eventos extremos de chuva ou seca

Com o intuito de identificarmos os anos que vieram a apresentar saldo do balanço hídrico superiores ou inferiores à média histórica ( $xh$ ), realizamos por meio do pacote raster R (HIJMANS *et al.*, 2014) a média pixel dos valores do balanço hídrico presentes dentro da bacia. Os anos com saldo discrepantes foram identificados conforme equação 2.

$$\Delta Q = Qe - Qxh \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

$\Delta Q$  simboliza a diferença para 2010 ou 2014;

$Qxh$  consiste na média histórica obtidas com exclusão de 2007 ou 2014;

$MCWDe$  representa a média anual de 2010 ou 2014.

Por exibir média anual distinta a média histórica ( $p < 0.001$ ), foi adotado os anos de 2010 e 2014 como objeto de estudo. Para ambos os anos, as regiões com maiores mudanças no saldo do balanço hídrico foram categorizadas em áreas com desvio padrão (DP)  $> 1.6$  e  $< 1.6$ . A partir da equação 2, consideramos áreas com DP  $> 1.6$  todos os locais que em 2010 vieram a exibir saldo inferior a -501.09 mm. Para 2014, adotamos o limiar de -501.09 mm (equações 3 e 4).

$$Ldh = MCWDxh - (MCWD_{DP} * 1.6) \quad (\text{Eq. 3})$$

$$Ldh = MCWDxh - (MCWD_{DP} + 1.6) \quad (\text{Eq. 4})$$

Sendo:

$Ldh$  = Limiar de déficit hídrico extremo;

$MCWD_{DP}$ = desvio padrão da série histórica de MCWD;

$MCWDxh$  = média histórica de MCWD.

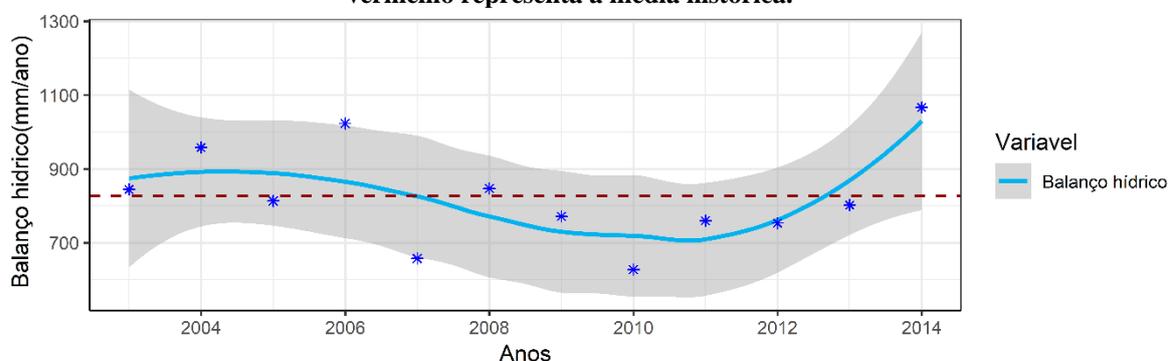
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Bacia do Rio Tapajós/MT (entre 2003 a 2014) exibiu um balanço hídrico médio de 883 mm/ano, com mínima em 2010 e máxima em 2014, acima de 1.6 desvio padrão (Figura 3).

O balanço hídrico estimado demonstrou ainda, uma nítida variação sazonal, em grande parte devido mudanças na precipitação. Como a maior parte da água que entra na bacia é proveniente da chuva (SALATI, 1987), durante a estação seca (maio a setembro) o balanço hídrico tende a reduzir, o inverso na estação chuvosa (outubro a abril) (ALVARES et al., 2014; TARIFA, 2011).

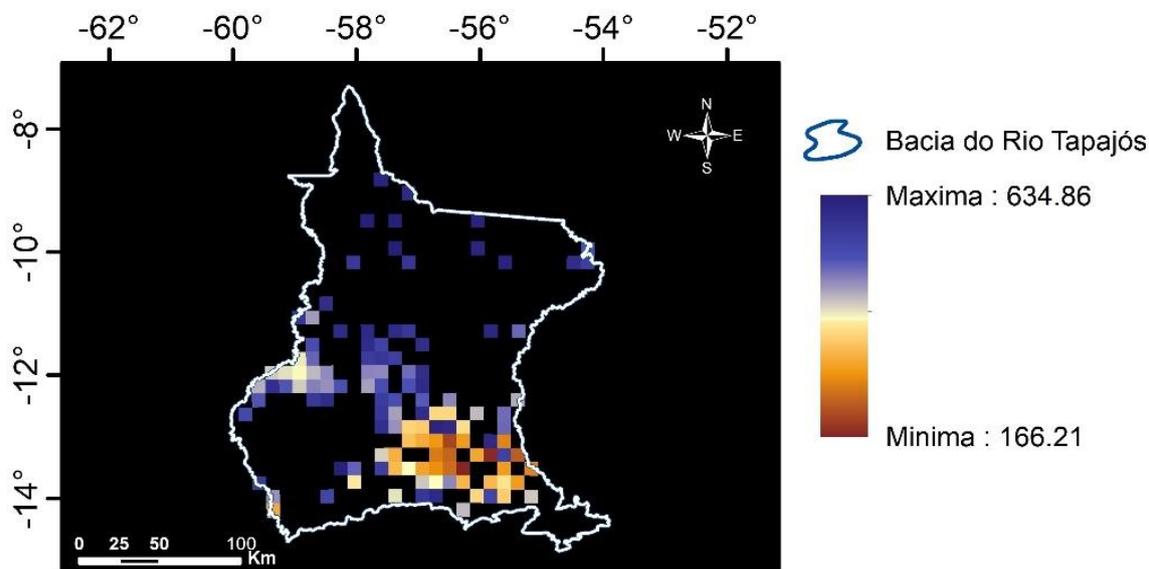
O baixo saldo do balanço hídrico em 2010 pode estar relacionado a ocorrência do fenômeno climático El Niño, que ocasionou o deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e conseqüentemente a redução da precipitação em grande parte do território Amazônico (LEWIS et al., 2011). Cabe ressaltar ainda, que 3 anos antes (2007) o estado de Mato Grosso havia passado por uma forte estiagem das chuvas, o que pode ter potencializando a seca de 2010, visto que a recarga do lençol freático é gradual e acumulativa (MALHI et al., 2008).

**Figura 3 – Comportamento temporal do balanço hídrico na Bacia do Rio Tapajós-MT. A linha em vermelho representa a média histórica.**



Ao considerarmos apenas as áreas que em 2010 a redução do saldo do balanço hídrico foi acima de 1.6 desvio padrão (em relação à média histórica), foi evidenciado uma redução de aproximadamente 300 mm/ano em relação as demais áreas da bacia (Figura 4). A região Sul concentrou as maiores reduções, com áreas exibindo um saldo anual de aproximadamente 166 mm/ano.

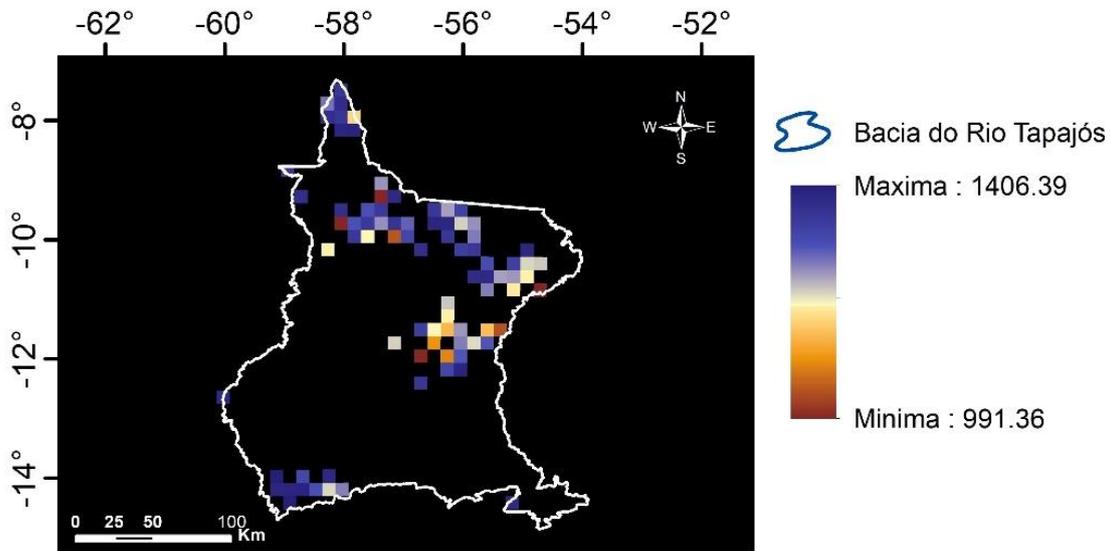
**Figura 4 – Áreas que em 2010 exibiram redução no saldo do balanço hídrico na Bacia do Rio Tapajós-MT. Obtidos a partir do satélite TRMM, MODIS e GRACE, cada pixel representa a diferença entre o balanço hídrico anual e o balanço hídrico histórico ( $\Delta Q$ ).**



Reduções abruptas no saldo do balanço hídrico podem afetar o funcionamento e a estrutura da floresta de diferentes maneiras, com prováveis impactos sobre o clima local (LEWIS et al., 2011, DUFFY et al. 2015). Sob condições de elevado déficit hídrico as árvores podem fechar seus estômatos e reduzir sua perda de água pela abscisão foliar (NEPSTAD et al., 1994), contudo sua tolerância a seca possui certos limites. Em um estudo experimental na Amazônia a redução de apenas um terço das chuvas ao longo 2,5 anos, aumentou em seis vezes a taxa de mortalidade das árvores acima de 30 cm de diâmetro (NEPSTAD et al., 1999, 2004).

Ao decorrer de 2014 foi evidenciado um aumento substancial do saldo do balanço hídrico, sobre tudo, no município pertencente a microrregião de Alta Floresta. Para algumas áreas de maior mudança ( $>1.6$  DP) o saldo do balanço hídrico alcançou os 1406 mm/ano (Figura 5).

**Figura 5 – Áreas que em 2014 exibiram aumento no saldo do balanço hídrico na Bacia do Rio Tapajós-MT. Obtidos a partir do satélite TRMM, MODIS e GRACE, cada pixel representa a diferença entre o balanço hídrico anual e o balanço hídrico histórico ( $\Delta Q$ ).**



De modo geral é possível afirmar que o balanço hídrico na bacia do Rio Tapajós por estar relacionado às taxas de precipitação tende a mudar conforme a ocorrência de fenômenos climáticas como o El Niño, ou mudanças nas Zonas de Convergência Intertropical-ZCIT (ALVES et al., 1998, FEARNSSIDE, 2009). A evapotranspiração também demonstrou ser um importante componente do ciclo hidrológico continental (SENEVIRATNE et al., 2010), sendo responsável por retornar a atmosfera grande parte da precipitação que ocorre na bacia de estudo, cerca de 66%. Possivelmente isso se deve ao fato de grande parte da bacia ainda ser coberta por florestas nativas (HANSEN et al., 2013). Estudos revelam que na Amazônia algumas árvores podem emitir até 200 litros de água por dia (ARAGÃO, 2012). Essa transferência de água causa um significativo resfriamento na superfície, já que mais da metade da energia do saldo de radiação vai para a atmosfera (TRENBERTH et al., 2009). Assim sendo, nossos resultados demonstram a importância da conservação das florestas, mediante seu papel na regulação do clima local e regional (BARRETO et al., 2009, SILVÉRIO et al., 2015).

## CONCLUSÃO

Ao longo de 2010 houve uma forte redução no balanço hídrico da Bacia do Rio Tapajós/MT, o mesmo ocorreu em 2014, contudo, de forma inversa. A redução evidenciada em 2010 pode estar relacionada ao fenômeno El Niño que ocorreu fortes reduções na precipitação de grande parte da Amazônia mato-grossense.

Evidenciou-se ainda, que considerável parcela de água que compõe o balanço hídrico na bacia é proveniente do processo de evapotranspiração, demonstrando assim, a importância da preservação dos ambientes florestais, visto o seu papel na manutenção do ciclo hidrológico local e regional.

De modo geral ressaltamos ainda que, devido à baixa resolução espacial dos produtos utilizados neste estudo, há uma considerável margem de incertezas em nossos resultados, assim, sugerimos novas pesquisas na região, para aferimentos mais definitivos.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p.711-728, 2013.

ARAGÃO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; ROMAN-CUESTA. R. M.; SAATCHI, S.; ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts **Geophys. Res. Lett.** v.34, p. 1–5, 2007.

BARRETO, C. E. A. G., WENDLAND, E. C., MARCUZZO, F. F. N. Estimativa da evapotranspiração a partir de variação de nível estático de aquífero. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, .29, n.1, p. 52-61, 2009.

BECKER, A., NEMEC, J. A. R. M. I. R. Macroscale hydrologic models in support to climate research. **The Influence of Climate Change and Climatic Variability on the Hydrologic Regime and Water Resources**, n.168, p. 431-445, 1987.

BUTT, N.; OLIVEIRA, P. A.; COSTA, M. H. Evidence that deforestation affects the onset of the rainy season in Rondonia, Brazil. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 116, n.11. p. 1-8, 2011.

CAIONI. C.; CAIONI, S.; SILVA A. C. S.; PARENTE, T. L.; ARAÚJO. Análise da distribuição pluviométrica e de ocorrência do fenômeno climático ENOS no município de Alta Floresta-MT. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.19. p.2656-2666, 2014.

COE, M.; COSTA, M. H.; BOTTA, A.; BIRKETT, C. Long term simulations of discharge and floods in the Amazon river. **J. Geophys Res.**, 107, p. 1-17, 2002.

COELHO-SOUZA, S. A.; MIRANDA, M. R. A importância das macrófitas aquáticas no ciclo do mercúrio na bacia do rio Tapajós (PA). **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 2, p. 252-263, 2007.

COSTA, J. C., PEREIRA, G., SIQUEIRA, M. E., DA SILVA CARDOZO, F., SILVA, V. V. Validação dos dados de precipitação estimados pelo CHIRPS para o Brasil.

**Revista Brasileira de Climatologia**, v.24, p. 228-243, 2019.

COSTA, M. H., FOLEY, J. A. Trends in the hydrologic cycle of the Amazon Basin. *J. Geophys. Res.*, 104, 14189-14198, 1999.

COX, P. M.; HARRIS, P. P.; HUNTINGFORD, C.; BETTS, R. A.; COLLINS, M.; JONES, C. D.; NOBRE, C. A. Increasing risk of Amazonian drought due to decreasing aerosol pollution. *Nature*, v. 453, n. 7192, p. 212, 2008.

DUFFY, P. B.; BRANDO, P.; ASNER, G. P.; FIELD, C. B. Projections of future meteorological drought and wet periods in the Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 43, p. 13172-13177, 2015.

ESRI. **ArcGIS Desktop: release 9.2**. Redlands: Environmental Systems Research Institute, 2007.

FEARNSIDE, P. M. Amazon dams and waterways: Brazil's Tapajós Basin plans. *Ambio*, v. 44, n. 5, p. 426-439, 2015.

FEARNSIDE, P. M. A vulnerabilidade da floresta amazônica perante as mudanças climáticas. *Oecologia Brasiliensis*, v. 13, n. 4, p. 609-618, 2009.

FIETZ, C. R., URCHEI, M. A., FRIZZONE, J. A. Probabilidade de ocorrência de déficit hídrico na região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 558-562, 2001.

GOMES, S. A. C.; COSTA, G. B.; DA SILVA, J. T.; COUTINHO, M. D. L.; SILVA COSTA, M.; FITZJARRALD, D. R. Seca e a saúde das populações residentes em regiões da amazônia brasileira nos anos de 2005, 2010 e 2015. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, p. 290-306, 2018.

HANSEN, M.C., POTAPOV, P. V, MOORE, R., HANCHER, M., TURUBANOVA, S.A., TYUKAVINA, A.,THAU, D., STEHMAN, S. V, GOETZ, S.J., LOVELAND, T.R., KOMMAREDDY, A., EGOROV, A.,CHINI, L., JUSTICE, C.O., TOWNSHEND, J.R.G. High-resolution global maps of 21st century forest cover change. *Science* 342, 850–3. 2013.

HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E; PARRA, J. L.; JONES, P. G.; JARVIS A. Superfícies climáticas interpoladas de alta resolução para áreas terrestres globais. **Int. J. Climatol.** 25, p. 1965 – 1978, 2005.

HUFFMAN, G. J.; BOLVIN, D. T.; NELKIN, E. J.; WOLFF, D. B.; ADLER, R. F.; GU, G.; HONG, Y.; BOWMAN, K. P. STOCKER, E. F. The TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. **Journal of hydrometeorology**, v. 8, n. 1, p. 38-55, 2007.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013. Summary for Policymakers.

In: STOCKER, T.F.; QIN, D.; PLATTNER, G.K.; TIGNOR, M.; ALLEN, S.K.; BOSCHUNG, J.; NAUELS, A.; XIA, Y.; BEX, V.; MIDGLEY, P.M. (Eds). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. and New York, NY, USA. 27pp.

LEWIS, S. L.; BRANDO, P.; PHILLIPS, O. L.; HEIJDEN, G. M. F; NEPSTAD, D. The 2010 amazon drought. **Science**, v. 331, n. 6017, p. 554-554, 2011.

MALHI, Y.; ROBERTS, J. T.; BETTS, R. A.; KILLEEN, T. J.; LI, W.; NOBRE, C. A. Climate change, deforestation, and the fate of the Amazon. **Science**, v. 319, n. 5860, p.169–72, 2008.

MARQUES. J.; SANTOS, J. M; VILLA NOVA, N.A. & SALATI, E. Precipitable water and water vapour flux between Belem and Manaus. **Acta Amazônica**, v.7, n.3, p. 355-363, 1977.

MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R.; RODRIGUEZ, D. A. The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region. **Geophysical Research Letters**, v. 38, n. 12, 2011.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

MU, Q., ZHAO, M., RUNNING, S.W. Improvements to a MODIS global terrestrial evapotranspiration algorithm. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 8, p. 1781-1800, 2011.

MUÑOZ, J. C. J.; MATTAR, C.; BARICHIVICH, J.; SANTAMARÍA-ARTIGAS, A.; TAKAHASHI, K.; MALHI, Y.; VAN DER SCHRIER, G. Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015–2016. **Scientific reports**, v. 6, p. 1-7, 2016.

NICHOLLS, N.; GRUZA, G. V.; JOUZEL, J.; KARL, T. R.; OGALLO, L. A.; PARKER, D. E. **Observed climate variability and change**. In ‘Climate Change 1995: The Science of Climate Change’. (Eds JT Houghton, LG Meira Filho, BA Callander, N Harris, A Kattenberg, K Maskell) pp. 133–192, 1996.

NEPSTAD, D. C.; CARVALHO, C. R., DAVIDSON, E. A., J. I. P. P. P. H., LEFEBVRE, P. A.; NEGREIROS, G. H.; SILVA, E. D.; STONE, T. A., TRUMBORE, S. E., VIEIRA, S. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian forests and pastures. **Nature** 372, p. 666–669, 1994.

NEPSTAD, D. C.; VERSSIMO, A.; ALENCAR, A.; NOBRE, C.; LIMA, E.; LEFEBVRE, P.; COCHRANE, M. Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. **Nature**, v. 398, n. 6727, p. 505, 1999.

NEPSTAD, D. C.; STICKLER, C. M.; FILHO, B. S.; MERRY, F. Interactions among Amazon land use, forests and climate: prospects for a near-term forest tipping point. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1498, p. 1737-1746, 2008.

RANDOW, C.; MANZI, A.O.; KRUIJT, B.; DE OLIVEIRA, P.J. ZANCHI, F.B.; SILVA, R.L.; CARDOSO, F.L. Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon exchange over forest and pasture in South West Amazonia. **Theoretical and Applied Climatology**, v.78, n.1-3, p.5-26, 2004.

SALATI, E. **The forest and the hydrological cycle. The Geophisiology of Amazonia**. RE Dickinson, Ed. 1987.

SANTOS, C. A.; SERRÃO, E. A. O.; Layrson, J. M. G.; Wanzeler, R. T. S.; LIMA, A. M. M. Zoneamento da distribuição da precipitação pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Tapajós. **Enciclopédia biosfera**, v.10, n.18, p. 3092-3106, 2014.

SENEVIRATNE, S. I. T.; CORTI, E.; DAVIN, M.; HIRSCHI, E. B.; JAEGER, I.; LEHNER, B.; ORLOWSKY, A. Teuling, Investigating soil moisture-climate interactions in a changing climate: A review, **Earth Sci. Rev.**, 99, 125–161, 2010.

SILVÉRIO, D.V.; BRANDO, P.M.; MACEDO, M.N.; BECK, P.S.; BUSTAMANTE, M.; COE, M.T. Agricultural expansion dominates climate changes in southeastern Amazonia: the overlooked non-GHG forcing. **Environmental Research Letters**, v.10, n.10, p.104015, 2015.

STAINFORTH, D.A.; AINA, T.; CHRISTENSEN, C.; COLLINS, M.; FAULL, N.; FRAME, D.J.; KETTLEBOROUGH, J.A.; KNIGHT, S.; MARTIN, A.; MURPHY, J.M.; PIANI, C.; SEXTON, D.; SMITH, L.A.; SPICER, R.A.; THORPE, A.J.; ALLEN, M.R. Uncertainty in predictions of the Climate response to rising levels of greenhouse gases. **Nature**, v.433, p. 403-406, 2005.

TARIFA, J. R. **Mato Grosso: clima – análise e representação cartográfica**. Cuiabá: Entrelinhas, 2011. 102p.

TRENBERTH, K. E.; FASULLO, J. T.; KIEHL, J. Earth's global energy budget. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.90, n.3, p.311-324, 2009.

VALCARCEL, R. Balanço hídrico no ecossistema florestal e sua importância conservacionista na região ocidental dos Andes Venezuelanos. Curitiba. **Anais...** Curitiba, PR., 1985. p. 32-35.

VALE, R.; FILIZOLA, N.; SOUZA, R.; SCHONGART, J. A cheia de 2009 na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 41, n. 4, p. 577-586, 2011.

VÖRÖSMARTY, C. J., MOORE, B. Modeling basin-scale hydrology in support of

physical climate and global biogeochemical studies: An example using the Zambezi River. **Surveys in Geophysics**, v. 12, p. 271-311, 1991.

WARD, A. Gravity Recovery and Climate Experiment (GRACE). **NASA**, v. 30, 2004.

## ÍNDICE REMISSIVO

- adensamento, 38, 99, 100, 109, 110  
 agricultura, 8, 39, 62, 65, 119, 128, 153  
 agricultura familiar, 8, 65, 119  
 água, 8, 20, 21, 24, 29, 33, 43, 61, 105, 116, 119, 121, 127, 131, 133, 134, 136, 143, 145, 146, 148, 152, 153, 154, 157, 158, 159, 160  
 algoritmo, 92, 103, 107, 130  
 Alta Floresta, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 141, 146, 149, 158, 160  
 Amazônia, 21, 22, 35, 88, 97, 115, 116, 118, 119, 123, 124, 127, 128, 129, 136, 140, 141, 146, 151, 152, 153, 154, 158, 159, 163  
 Amazônico, 21, 127, 128, 129, 140, 152, 154, 157  
 antrópicos, 115, 127  
 arborização, 33, 37, 39, 41, 42, 43, 44, 48, 49, 50, 100  
*ArcGis*, 79, 115, 119, 154  
 área de preservação, 19, 35, 36  
 áreas verdes, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 98, 100, 110, 114  
 atmosfera, 99, 105, 115, 116, 128, 152, 153, 159  
 Bacia Amazônica, 117, 128  
 bacia hidrográfica, 34, 128, 138, 152, 163  
 bacias hidrográficas, 116, 141, 153  
 Baixo Tocantins, 8  
 balanço, 38, 115, 116, 122, 127, 128, 141, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160  
 balanço energético, 127, 128  
 banco de dados geográficos, 129  
 base de dados, 11, 27, 40, 52, 68, 79  
 Belém, 96, 112  
 biogeoquímicos, 152  
 carbono, 24, 153  
 Carlinda-MT, 127, 128, 136  
 cartografia, 65, 68, 74, 77, 79, 84, 87  
 Castelo (ES), 23, 25, 28, 32  
 Cerrado, 118, 142, 154, 155  
 Cerrado-Amazônia, 118, 142, 155  
 chuva, 77, 156, 157  
 cidade, 23, 28, 29, 33, 35, 36, 38, 41, 43, 44, 45, 48, 49, 50, 55, 58, 62, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 82, 84, 86, 88, 89, 96, 99, 101, 102, 109, 110, 113  
 classificação, 13, 14, 86, 87, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 102, 103, 104, 106, 107, 111, 117, 118, 127, 131, 143, 150  
 classificação de Köppen, 102  
 clima, 39, 102, 111, 113, 116, 117, 127, 128, 129, 136, 139, 142, 153, 155, 158, 159, 163  
 conhecimento científico, 53, 72, 73, 167  
 conservação, 24, 50, 56, 58, 70, 86, 121, 127, 136, 145, 148, 152, 159  
 cultivo de peixes, 8  
 cultura, 53, 54, 59, 77  
 dados, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 20, 25, 27, 39, 40, 42, 49, 54, 55, 57, 60, 65, 66, 67, 69, 71, 74, 77, 78, 79, 82, 84, 86, 87, 90, 91, 97, 98, 101, 102, 103, 104, 110, 113, 115, 116, 124, 125, 128, 129, 140, 141, 144, 145, 153, 154, 155, 160  
 desenvolvimento, 7, 21, 29, 32, 33, 37, 48, 49, 52, 60, 69, 78, 79, 84, 98, 99, 114, 115, 118, 119, 120, 140  
 desflorestamento, 115, 119, 121, 140, 141  
 desmatamento, 119, 128, 140, 141, 148, 153  
 dinâmica, 38, 53, 54, 55, 59, 60, 67, 68, 73, 77, 110, 134, 140  
 ecossistêmicos, 24, 127, 128, 135  
 educação ambiental, 29, 32, 33, 37, 49, 110  
 El Niño, 140, 162  
 ensino, 39, 59  
 equação, 13, 104, 105, 130, 131, 155, 156  
 espaço geográfico, 52, 53, 65, 71, 74, 84  
 estação, 117, 129, 133, 140, 141, 142, 146, 148, 157  
 fenômeno climático, 101, 123, 149, 157, 160  
 floresta, 56, 100, 102, 125, 127, 133, 134, 136, 137, 141, 144, 145, 146, 153, 158, 161  
 Floresta Amazônica, 116, 127, 154  
 florestas tropicais, 128, 144  
 geopotencialidade, 8, 9, 14, 15, 16, 20  
 geoprocessamento, 8, 9, 10, 20, 25, 53, 60, 74, 78, 84, 86, 88, 90, 96, 100, 103  
**GEOTECNOLOGIAS**, 2, 52, 71, 99, 112  
 gestão urbana, 37, 100, 101, 111  
 IBGE, 10, 12, 13, 25, 41, 49, 54, 66, 70, 89, 97, 101, 102, 113, 117, 124, 128, 137  
 ICMBio, 66, 69, 70  
 ilhas de calor, 43, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 108, 109, 111, 112, 113  
 impactos, 32, 34, 56, 124, 127, 158  
 Índice de Vegetação, 127  
 INPE, 70, 85, 90, 91, 96, 97, 103, 115, 116, 123, 124, 125, 127  
 IPCC, 153, 161  
 ITCZ, 140, 153  
 La Niña, 153  
 LANDSAT, 115, 118, 142, 143, 150  
 literatura, 9, 27, 40, 42, 70, 71, 72, 73, 74, 79, 84, 87, 110  
 mapas temáticos, 8, 9, 10, 15, 27, 52, 53, 65, 69, 71, 79, 81, 84, 90, 103, 129, 143  
 mapeamento, 13, 15, 17, 29, 30, 31, 33, 34, 40, 48, 49, 79, 82, 84, 86, 87, 93, 96, 97, 98, 112, 114, 118, 130, 143  
 mapear, 23, 25, 27, 39, 80, 86, 87, 88  
 Mato Grosso, 3, 112, 115, 118, 124, 126, 128, 136, 139, 141, 142, 143, 144, 146, 149, 150, 154, 157, 163  
 Meio Ambiente, 11, 20, 21, 22, 34, 35, 51, 70, 113, 136  
**Microbacia**, 120, 122, 123, 142  
 modelo digital de elevação (MDE), 119  
 mudanças, 52, 54, 55, 56, 59, 63, 69, 115, 127, 128, 131, 132, 135, 141, 152, 154, 156, 157, 159, 161  
 município, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 25, 26, 27, 28, 32, 34, 35, 39, 40, 44, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 80, 82, 88, 89, 98, 101, 102, 108, 112, 113, 114, 116, 117, 118, 121, 123, 124, 125, 126,

- 127, 128, 129, 132, 134, 136, 141, 145, 146, 149, 158, 160
- município de Cametá, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 20, 21
- Muniz Freire (ES), 37, 40
- NASA, 90, 102, 105, 113, 164
- natureza, 9, 45, 52, 53, 70, 71, 74, 79, 85, 86
- paisagem, 25, 38, 45, 52, 53, 54, 58, 59, 71, 72, 73, 74, 76, 77, 79, 82, 84, 115, 116, 127, 128, 141
- pastagem, 118, 119, 122, 123, 127, 129, 133, 134, 135, 136, 140, 145, 146, 148
- PDI, 86
- percepção ambiental, 53
- Planalto Apicás-Sucurundi, 129
- planejamento, 8, 9, 20, 23, 25, 32, 33, 37, 38, 48, 86, 96, 99, 100, 113
- planta, 128
- políticas públicas, 8, 9, 32
- poluição, 38, 43, 100
- população, 25, 29, 32, 33, 38, 43, 44, 45, 48, 49, 55, 61, 80, 89, 100, 101, 110, 117, 121, 128, 141
- Populações Tradicionais, 52
- Precipitação, 152
- prejuízos, 43, 100, 140
- processos antrópicos, 115, 127, 153
- processos erosivos, 9, 29
- produtos orbitais, 115, 128, 140
- qualidade, 21, 23, 24, 25, 28, 29, 32, 33, 37, 38, 39, 42, 44, 45, 48, 49, 51, 87, 94, 100, 104, 121
- qualidade de vida, 32, 38, 45
- Quantum GIS, 103, 104, 105
- radiação solar, 115, 116, 119, 122, 123, 135, 147
- raster, 13, 15, 27, 105, 130, 131, 132, 137, 143, 150, 156
- recursos hídricos, 23, 24, 121
- recursos naturais, 23, 52, 56, 59, 86, 136, 149
- regularização ambiental, 20, 21
- relevo, 16, 17, 21, 115, 116, 118, 123, 129, 138
- Reserva Extrativista, 52, 55, 56
- São João da Ponta, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 70
- satélite, 89, 90, 94, 99, 100, 104, 108, 110, 111, 113, 115, 119, 129, 130, 131, 137, 143, 144, 155, 158, 159
- SEMAS, 20
- sensores, 86, 87, 90, 97, 112, 129, 153
- sensoriamento remoto, 9, 86, 87, 88, 96, 98, 100, 112, 116, 128, 141
- SEPAQ, 66
- SIG, 8, 11, 14, 18, 34, 39, 60, 78, 86, 90, 103, 106
- SIRGAS-2000, 91, 103
- Sistema de Informações Geográficas, 34, 60, 78, 79, 84, 86, 91, 103
- sistemas, 60, 86, 128
- Sistemas de Informações Geográficas, 25, 37, 111
- social, 22, 36, 37, 43, 45, 53, 57, 65, 72, 84
- solo, 9, 11, 12, 13, 16, 17, 20, 34, 43, 51, 56, 86, 87, 88, 91, 92, 95, 96, 98, 99, 100, 103, 106, 107, 109, 111, 112, 115, 116, 120, 122, 125, 127, 128, 131, 132, 133, 140, 145, 146, 147, 148, 150, 153, 155
- SPRING, 90, 103, 106, 118, 127, 129, 131, 137, 143
- sustentabilidade, 23, 48, 66
- técnicas, 8, 9, 10, 20, 25, 37, 60, 66, 78, 86, 87, 88, 90, 91, 96, 99, 100, 102, 103
- temperatura, 38, 98, 100, 102, 105, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 117, 125, 127, 128, 129, 130, 133, 134, 135, 136, 140, 141, 144, 147, 148, 150, 151, 153
- tempo, 25, 52, 61, 63, 65, 66, 67, 69, 70, 71, 73, 75, 76, 77, 84, 85, 87, 99, 116, 121, 128, 133, 136, 140, 141, 145
- topografia, 9, 17, 19, 122
- transtornos, 86
- USGS, 90, 98, 102, 114, 129
- uso da terra, 9, 28, 96, 116, 118, 119, 125, 127, 128, 131, 135, 143, 146, 151
- vegetação, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 41, 59, 91, 92, 95, 98, 100, 106, 108, 115, 118, 123, 128, 129, 131, 133, 134, 135, 136, 140, 142, 143, 146, 148, 152, 155
- zona urbana, 26, 27, 28, 34, 40, 45
- zoneamento, 8, 136

## **SOBRE A SÉRIE ESTUDOS ACADÊMICOS**

A série Estudos Acadêmicos é organizada por membros do Conselho Editorial da Editora Itacaiúnas e abrange diferentes temas do conhecimento nas suas mais diferentes áreas. As publicações da série Estudos Acadêmicos são disponibilizadas preferencialmente no formato de livro eletrônico (e-book) e, ocasionalmente, no formato impresso. Os livros acadêmicos publicados pela Editora Itacaiúnas atendem aos critérios estabelecidos pela CAPES (Qualis Livros) para que nossas publicações possam alcançar o estrato L2. Conforme o relatório aprovado pelo CTC/ES 2014-2018, a escala de avaliação de livros deve ser comparável à de produtos técnicos e artísticos, envolvendo cinco níveis, respeitando-se a seguinte ordem: L1 (maior estrato), L2, L3, L4 e L5 (menor estrato).

A série Estudos Acadêmicos busca revelar, divulgar e possibilitar a publicação de resultados de pesquisas, relatos de experiência em forma de capítulos de livros e desse modo contribuir para a difusão e promoção do conhecimento científico. As coletâneas da série utilizam a Licença Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 4.0 Internacional. Disponível em: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Dessa forma, procuramos possibilitar a publicação de pesquisas científicas relevantes ao meio acadêmico, democratizando assim o acesso ao conhecimento para o maior número de pessoas possíveis através da rede mundial de computadores – INTERNET. Nesse sentido, essa obra poderá ser recuperada e encontrada através de indexadores como DOI, ISBN, Portal EduCAPES, Google Acadêmico e ResearchGate além de estar disponibilizada no site da editora através das categorias: Difusão do Conhecimento Científico – DCC, E-book gratuito e Itacaiúnas Acadêmica. Tudo isso para garantirmos que seu artigo seja facilmente encontrado, apreciado e conseqüentemente citado por outras pesquisas.

SÉRIE  
ESTUDOS  
ACADÊMICOS

VOL. 2

Viviane Corrêa Santos  
Walter Luiz Jardim Rodrigues

ORGANIZADORES

# GEOTECNOLOGIAS

## APLICAÇÕES NO CAMPO INTERDISCIPLINAR

editora  
**itacaiúnas**

ISBN: 978-85-9535-167-7



9 788595 351677 >