



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**



**LARISSA THAIS DOS SANTOS DE MACEDO**

**A DINÂMICA FLUVIAL DO RIACHO DOS BOSQUES, BARREIRINHAS – MA**

**SÃO LUÍS – MA**

**2023**

**LARISSA THAIS DOS SANTOS DE MACEDO**

**A DINÂMICA FLUVIAL DO RIACHO DOS BOSQUES, BARREIRINHAS – MA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGGEO, do Centro de Ciências Humanas, da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Helen Nébias Barreto

**SÃO LUÍS -MA  
2023**

**LARISSA THAIS DOS SANTOS DE MACEDO**

**A DINÂMICA FLUVIAL DO RIACHO DOS BOSQUES, BARREIRINHAS – MA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGGEO, do Centro de Ciências Humanas, da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Helen Nébias Barreto

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Helen Nébias Barreto  
Orientadora  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
MARANHÃO - UFMA

---

Prof.<sup>o</sup> Dr.<sup>o</sup> Antônio Cordeiro Feitosa  
Membro Interno  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
MARANHÃO - UFMA

---

Prof.<sup>o</sup> Dr.<sup>o</sup> Bruno Zucherato  
Membro Externo  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO  
GROSSO

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Macedo, Larissa Thais dos Santos de.

A dinâmica fluvial do Riacho dos Bosques, Barreirinhas  
- MA / Larissa Thais dos Santos de Macedo. - 2023.  
99 f.

Orientador(a): Helen Nébias Barreto.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em  
Geografia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís,  
2023.

1. Bacia Hidrográfica. 2. Barreirinhas. 3. Dinâmica  
Fluvial. 4. Formas Fluviais. 5. Urbanização. I.  
Barreto, Helen Nébias. II. Título.

*A Deus, minha família e  
amigos e a todos que fizeram  
parte desse processo.*

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por toda a minha vida e por estar nesse momento efetivando mais uma etapa importante para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Agradeço a minha família, em especial a minha avó, por todo suporte oferecido durante a minha jornada nesse projeto.

Agradeço aos amigos que estiveram presentes no início, no desenvolvimento e no final desse projeto, em especial a mulher que me incentivou em continuar.

Agradeço a Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Helen Nébias Barreto, minha orientadora, a quem adquiri profundo respeito e consideração por ser uma professora completa em todos os aspectos.

Agradeço aos demais professores do PPGGEO por todas as oportunidades que suas aulas me ofereceram, assim como a direção do curso e aos colegas do PPGGEO pelas discussões e ensinamentos adquiridos.

Agradeço a toda a Universidade Federal do Maranhão por ser parte importante da minha construção pessoal e profissional desde os tempos da Graduação em Geografia.

Agradeço a todos os envolvidos na pesquisa, nominalmente o senhor Aquiles, Fiscal de Meio Ambiente do Município de Barreirinhas, assim como seus colegas de instituição que muito me ajudaram na realização de trabalho de campo.

Agradeço a todos que diretamente e indiretamente estiveram presentes nesse processo tão honroso a mim e que aqui não foram mencionados.

Obrigada!

## RESUMO

Os processos naturais e as ações antrópicas modificam o meio de forma consistente e alteram a dinâmica das bacias hidrográficas em proporções variadas, mas sempre relacionadas a um conjunto de fatores que agem de acordo com as condições ambientais apresentadas. Na Bacia do Riacho dos Bosques, localizada no município de Barreirinhas, nordeste do estado do Maranhão (distando cerca de 260 km da capital, São Luís), se distinguem formas fluviais, como meandros abandonados, formando um complexo de pequenas lagoas marginais, que caracterizam o baixo curso do rio, próximo à confluência com o Rio Preguiças. O objetivo desta pesquisa é caracterizar a dinâmica fluvial da bacia hidrográfica do riacho dos Bosques por meio da análise de formas e processos fluviais, bem como o processo de urbanização na área. O método quali-quantitativo norteia a pesquisa, que apresenta como procedimentos metodológicos o levantamento bibliográfico, os trabalhos de campos e o processamento e tratamento de imagens de sensores remotos. Os resultados encontrados indicam um acelerado processo de urbanização do alto curso, com aumento gradual de ocupação no médio e baixo curso no período entre 2005 e 2018. Essa ocupação é feita em áreas que sofrem o impacto direto do processo de transbordamento dos corpos hídricos da bacia no período chuvoso, ocorrendo, por exemplo, a necessidade de pontes que conectam as casas as ruas. As formas fluviais encontradas, entre elas, barras laterais, ilhas e meandros abandonados estão relacionadas a fatores como o avanço da maré e sedimentação no Riacho dos Bosques.

Palavras-chave: Bacia Hidrográfica; Dinâmica fluvial; Formas Fluviais; Urbanização; Barreirinhas.

## ABSTRACT

Natural processes and human actions consistently modify the environment and change the dynamics of watersheds in varying proportions, but always related to a set of factors that act according to the environmental conditions presented. In the Riacho dos Bosques Basin, located in the municipality of Barreirinhas, northeast of the state of Maranhão (about 260 km from the capital, São Luís), fluvial forms can be distinguished, such as abandoned meanders, forming a complex of small lakes, which characterize the lower course of the river, close to the confluence with the Rio Preguiças. The objective of this research is to characterize the fluvial dynamics of the Bosques stream watershed through the analysis of fluvial forms and processes, as well as the urbanization process in the area. The quali-quantitative method guides the research, which presents as methodological procedures the bibliographical survey, the field work and the processing and treatment of images from remote sensors. The results found indicate an accelerated process of urbanization of the upper course, with a gradual increase in occupation in the medium and lower courses in the period between 2005 and 2018. This occupation is carried out in areas that suffer the direct impact of the overflow process of the basin's water bodies during the rainy season, for example, there is a need for bridges that connect the houses to the streets. The river forms found, including lateral bars, islands and abandoned meanders, are related to factors such as tidal advance and sedimentation in the Riacho dos Bosques.

Keywords: Drainage basin; fluvial dynamics; fluvial forms; urbanization; Barreirinhas.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 01</b> - Localização da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques.....	14
<b>Figura 02</b> - Compartimentação tectônica que engloba a área de estudo.....	17
<b>Figura 03</b> - Geologia da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques.....	18
<b>Figura 04</b> - Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques.....	19
<b>Figura 05</b> - Propostas de classificação do relevo utilizadas ao longo do tempo.....	28
<b>Figura 06</b> - Competências necessárias para a realização de mapeamento geomorfológico.....	31
<b>Figura 07</b> - Esquema de mapeamento geomorfológico proposto por Brierley et al. (2021).....	32
<b>Figura 08</b> - Esquema do Sistema Fluvial na Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques.....	36
<b>Figura 09</b> - Exemplos de barras existentes na literatura: (A) barra longitudinal, (B) Barra Transversal, (C) Barras de Pontal, (D) Barra Diagonal (E) Barras laterais e (F) Barras diagonais dissecadas.....	45
<b>Figura 10</b> - Feições características da planície aluvial: (A) Pântano, (B) Diques marginais e (C) Depósitos de acreção vertical.....	47
<b>Figura 11</b> - Feições características da planície aluvial: (A) meandro abandonado (B) lago marginal ( <i>oxbow lake</i> ), (C) Bancos côncavos, (D) Depósitos de acreção lateral, (E) Margem erodida e (F) Depósitos de acreção lateral.....	47
<b>Figura 12</b> - Construções voltadas para a atividade turística no alto curso da Bacia do Riacho dos Bosques.....	51
<b>Figura 13</b> - Moradias Unifamiliar.....	51
<b>Figura 14</b> - Exemplos de atividade da construção civil na área de estudo.....	52
<b>Figura 14</b> - Construções em área de Área de Preservação Permanente no Rio Preguiças próximo à área do alto curso do Riacho dos Bosques.....	53
<b>Figura 15</b> - Vista de tanques de esgotos localizado em área de divisor de bacia do Riacho dos Bosques.....	54
<b>Figura 16</b> - Área preservada no médio curso da Bacia do Riacho dos Bosques.....	55
<b>Figura 17</b> - A MA-315 corta a bacia dos Bosques no sentido Oeste-Leste.....	55
<b>Figura 18</b> - Área agrícola (mandioca) na bacia do Riacho dos Bosques.....	56
<b>Figura 9</b> - Cercas da região dificultam o acesso ao baixo curso do Riacho dos Bosques.....	57
<b>Figura 10</b> - Área de ocupação espontânea no médio curso da Bacia do Riacho dos Bosques.....	57
<b>Figura 22</b> - Mapa de uso e ocupação da Bacia do Riacho dos Bosques para o ano de 2005.....	59
<b>Figura 23</b> - Mapa de uso e ocupação da Bacia do Riacho dos Bosques para o ano de 2013.....	60
<b>Figura 114</b> - Mapa de uso e ocupação da Bacia do Riacho dos Bosques para o ano de 2018.....	60
<b>Figura 25</b> - Vertentes Convexas no baixo curso do Riacho dos Bosques.....	61
<b>Figura 26</b> - Ecossistema Manguezal na área de estudo.....	62
<b>Figura 27</b> - Processo de delimitação da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques.....	63
<b>Figura 28</b> - Mapeamento das feições fluviais da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques.....	65
<b>Figura 29</b> - Planície de inundação do Riacho dos Bosques e processos atuantes.....	66
<b>Figura 30</b> - Fluxo do canal interrompido no Riacho dos Bosques.....	68
<b>Figura 31</b> - Intervenções antrópicas na planície de inundação .....	69
<b>Figura 32</b> - Colos de meandro em processo de corte.....	70
<b>Figura 33</b> - Meandros abandonadas na planície de inundação do Riacho dos Bosques.....	71
<b>Figura 34</b> - Processo de meandramento na planície de inundação do Riacho dos Bosques.....	72
<b>Figura 35</b> - Ilha da Coluna.....	73
<b>Figura 36</b> - Processos de ajustamento da ilha da Coluna ao longo do tempo.....	74
<b>Figura 37</b> - Desenvolvimento de ilhas na planície de inundação do Riacho dos Bosques.....	75
<b>Figura 38</b> - Vista de ilha que está em processo de formação.....	75
<b>Figura 39</b> - Barra transversal associada a confluência do canal.....	77
<b>Figura 40</b> - Barra de deposição na margem direita do Riacho dos Bosques.....	78
<b>Figura 41</b> - Processo de deposição e baixa capacidade de transporte do Riacho dos Bosques.....	79
<b>Figura 42</b> - Feições lagunares identificadas na Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques.....	80
<b>Figura 43</b> - Tanques de esgoto do Município de Barreirinhas, localizados na Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques.....	81

<b>Figura 44</b> - Perfil de sedimentos arenosos na Bacia do Riacho dos Bosques.....	82
<b>Figura 45</b> - Relevo de Paleodunas.....	83
<b>Figura 46</b> - Lagoas se conectam entre si e com o Riacho dos Bosques.....	84
<b>Figura 47</b> - Vista da Lagoa Grande coberta por Junco, localizada na comunidade Lagoa Grande, Bacia do Riacho dos Bosques, Barreirinhas, Maranhão.....	84
<b>Figura 48</b> – Zonificação da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques.....	86
<b>Figura 49</b> - Atividades antrópicas sustentáveis realizadas na planície de inundação do Riacho dos Bosques.....	87
<b>Figura 50</b> - Agricultura praticada no sistema de corte e queima.....	89
<b>Figura 51</b> - Lagoa formada a partir de barramento causado por obras civis.....	90
<b>Figura 52</b> - Lagoas interdunares.....	90
<b>Figura 53</b> - Alterações antrópicas no sistema de drenagem natural na Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques.....	53
<b>Figura 54</b> - Prática de criação de peixes em açudes aproveitando o excedente hídrico.....	53
<b>Figura 55</b> - Localidade das nascentes do Riacho dos Bosques.....	93

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados de temperatura máxima, média, mínima e precipitação pluviométrica da Estação Preguiças para o período de 2008 a 2019.....	22
<b>Tabela 02</b> - Valores das classes de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques (Anos de 2005, 2013 e 2018).....	58

### LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Divisão do 4º táxon de Ross (1992) desenvolvida por Dantas (2016) .....	29
<b>Quadro 2</b> - Legenda para mapeamento fluvial em microescala. Modificado de Argento (2007).....	30
<b>Quadro 3</b> - Varáveis utilizadas na zonificação da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques.....	85

# Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	16
2.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	16
2.2 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS E HIDROGRÁFICOS.....	19
2.3. ASPECTOS CLIMÁTICOS E VEGETACIONAIS.....	21
2.4 ASPECTOS PEDOLÓGICOS.....	23
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	24
3.1 Procedimentos Metodológicos.....	26
3.1.1 Revisão bibliográfica.....	26
3.1.2 Atividades de Campo.....	26
3.1.3 Atividades de Laboratório.....	27
3.1.4 Mapeamento Geomorfológico.....	27
<b>4. O SISTEMA FLUVIAL</b> .....	33
4.1 BACIA HIDROGRÁFICA.....	37
4.2 PADRÃO DE CANAL.....	39
4.3 PLANÍCIE FLUVIAL.....	42
4.4 FEIÇÕES FLUVIAIS.....	44
4.4.1 FORMAS CARACTERÍSTICAS DE SEDIMENTAÇÃO NO LEITO E NA MARGEM.....	44
4.4.2 FORMAS FLUVIAIS NA PLANÍCIE ALUVIAL.....	45
4.5 TÉCNICAS APLICADAS A IDENTIFICAÇÃO DE PROCESSOS E FORMAS FLUVIAIS.....	48
<b>5. OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DOS BOSQUES</b> .....	50
<b>6. MAPEAMENTO DAS FORMAS FLUVIAS DA BACIA DO RIACHO DOS BOSQUES</b> .....	61
6.1 PLANÍCIE FLUVIO-MARINHA.....	66
6.2 MEANDROS ABANDONADOS.....	70
6.3 ILHAS.....	73
6.4 BARRAS/BANCOS DE AREIA/DEPÓSITOS DE PLANÍCIE.....	76
6.5 LAGOAS.....	79
<b>7. PROPOSTA DE ZONEAMENTO DA BACIA DO RIACHO DOS BOSQUES</b> .....	85
7.1 REGIÃO DE CAMPOS ALAGADOS DA PLANÍCIE FLUVIO-MARINHA DO RIACHO DOS BOSQUES.....	87
7.2 REGIÃO DAS LAGOAS DO JUNCO.....	88
7.3 REGIÃO DAS LAGOAS DO AEROPORTO.....	90

<b>7.4 REGIÃO DAS NASCENTES DO RIACHO DOS BOSQUES .....</b>	<b>92</b>
<b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>93</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>94</b>

# 1. INTRODUÇÃO

Os processos naturais e as ações antrópicas modificam o meio de forma consistente e alteram a dinâmica das bacias hidrográficas em proporções variadas, mas sempre relacionadas a um conjunto de fatores que agem de acordo com as condições ambientais apresentadas. As mudanças causadas pelo homem diferenciam-se por serem em uma escala de tempo muito inferior aos processos naturais, pulando fases e alterando a dinâmica normal de qualquer sistema.

Conforme CHRISTOFOLETTI (1980, p. 99), “a morfologia do rio e de sua bacia de drenagem não é estática, pois o material está sendo constantemente removido e há modificações nas formas de relevo superficiais e fluviais”. Essa dinâmica é própria dos sistemas fluviais e é essencial nos processos de ajustamento que os corpos hídricos apresentam, sendo importante na identificação das geofomas fluviais.

A morfologia de um canal é controlada por vários fatores, dentre os quais: clima, descarga do rio, sedimentos do perímetro do canal, características físicas da carga do rio, litologia e cobertura vegetal, sendo interações frequentemente complexas (GIRÃO e CORRÊA, 2015). A dinâmica urbana interfere nesses fatores, causando mudanças no carreamento de sedimentos, alteração do fluxo superficial, deposição de resíduos, dentre outros, ocasionando alterações nos processos e feições fluviais dos rios.

As perturbações aos sistemas fluviais têm consequências como alagamentos, deposição de sedimentos em locais indevidos, eutrofização, assoreamento e causam o aprofundamento da crise hídrica, sendo pontuado por Marçal e Lima (2016) e Barbosa, Lima e Furrier (2019) como situações características do período Antropoceno. Assim como essas consequências são atribuídas a um conjunto de fatores, a trajetória de evolução dos rios está relacionada às características ambientais de cada região, sendo fatores como clima e geologia, essenciais na análise dessa dinâmica.

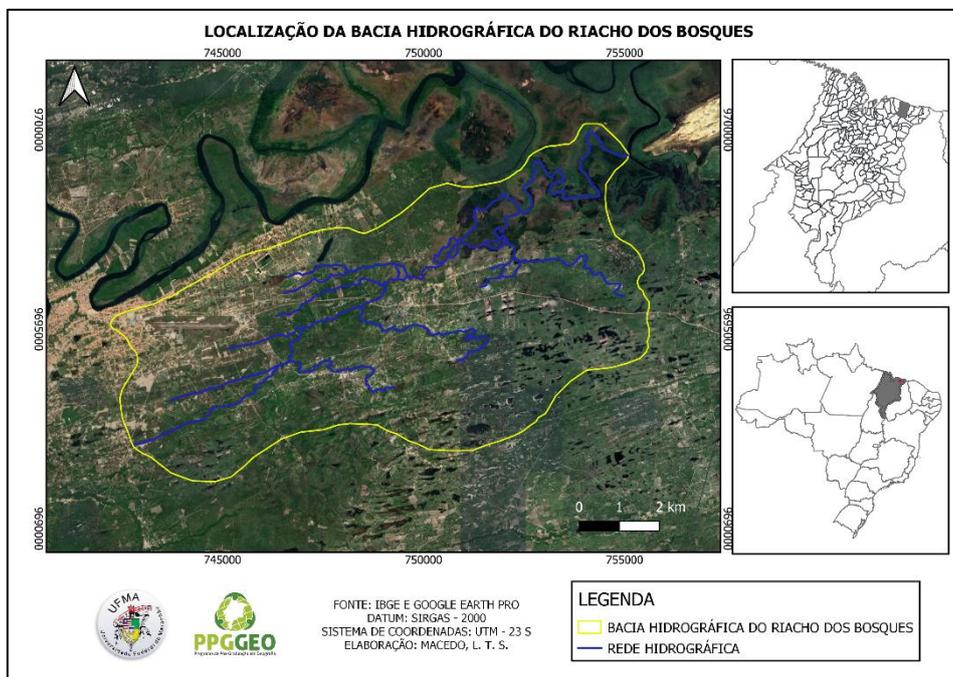
Os rios tropicais exibem uma diversidade geomórfica significativa, que por sua vez é governada pela relação de forma-processos dos rios em um dado cenário morfo-climático (SINHA e LATRUBESSE, 2020). Processo e forma são essenciais nos estudos de geomorfologia fluvial, haja vista que são os responsáveis pelo conhecimento da dinâmica de um corpo aquático. Os eventos de cheias, por exemplo, de acordo com Rocha

e Comunello (2011) e Marçal e Lima (2016) são importantes fatores na evolução e esculturação dos canais fluviais.

O Maranhão é um estado que apresenta grande abundância quando se discute a questão hídrica, conservando em todas as regiões corpos hídricos perenes e que servem à população como área de lazer e fonte de renda, além da sua importância no equilíbrio ambiental. Nesse contexto, destaca-se a Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques, localizada no município de Barreirinhas, mesorregião norte do Maranhão e que integra a Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Pregoças.

A Bacia do Riacho dos Bosques, encontra-se no perímetro urbano e rural do município de Barreirinhas, onde se distinguem formas fluviais, como meandros ativos e abandonados, barras, ilhas e lagoas, que caracterizam principalmente o baixo curso do rio, próximo à confluência com o Rio Pregoças (Figura 01). Um fator diferencial para a região é a localização da bacia aqui estudada, identificada entre o Parque Nacional dos Lençóis Maranhense e os Pequenos Lençóis.

**Figura 012** - Localização da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques



**Fonte:** Autoria própria (2021).

O município de Barreirinhas sofreu grande impacto com o crescimento da atividade turística nas últimas décadas do século passado e as primeiras do século XXI,

sendo necessária uma adaptação às novas formas de relação entre o espaço e o fluxo de pessoas na região. A atividade turística é apontada por Portuguese et al. (2019) como agente de transformação espacial, agente modeladora de múltiplos territórios e produtora de diferentes territorialidades.

Seja em áreas urbanas ou rurais, os rios concentram grande importância ambiental, cultural, social e econômica; e foram importantes meios na construção histórica do país. No entanto, esses mesmos corpos hídricos estão sendo usados exaustivamente até os dias atuais e como consequência temos inúmeras situações que interferem nos seus processos naturais. O processo de urbanização muitas vezes não considera as especificidades ambientais de cada área, havendo ocupação de locais indevidos, que apresentam dinâmicas que não favorecem a ocupação urbana, como é o caso da Bacia do Riacho dos Bosques, em decorrência do extravasamento de sua planície aluvial no período chuvoso e das demais singularidades ambientais da região.

Debortoli et al. (2017) indicou em seu trabalho um grande aumento de pontos críticos de vulnerabilidade a inundações repentinas no Brasil nos últimos anos, como simulou e obteve os mesmos resultados até o final do século XXI. Aliado a isso, tem a crise hídrica que afeta cada vez mais as populações de diversos países do mundo e do Brasil, o que justifica a necessidade de trabalhos que visem apontamentos para o uso e conservação dos corpos hídricos.

O desenvolvimento desta pesquisa justifica-se pela dinâmica fluvial do baixo curso do Riacho dos Bosques, onde ocorre em maior extensão na bacia o processo de extravasamento da planície aluvial deste corpo hídrico e das lagoas, formadas por meandros abandonados, durante os períodos de cheia, o que impossibilita (ao menos na teoria, já que se identifica uso da terra na região atualmente) a ocupação desta área.

A relação entre bacias hidrográficas e ocupação urbana é um tema recorrente nas discussões que envolvem recursos hídricos. Os motivos são muitos, a começar pela perda de qualidade da água, em decorrência principalmente da poluição/contaminação por esgoto. Outro fator gerador de debates é a ocupação de áreas que são essenciais no funcionamento dos sistemas hidrográficos. Por isso, conhecer a dinâmica dessas áreas é essencial para desenvolver projetos que visem a qualidade ambiental.

Esse trabalho também se justifica pela necessidade de trabalhos científicos que investiguem as características de processos naturais e antrópicos que hoje ou em futuro

próximo podem se tornar incontroláveis e danosos; a presente pesquisa faz parte de dois projetos de pesquisa na Bacia do Riacho dos Bosques: CNPQ e FAPEMA. Além disso, justifica-se pelas possíveis consequências às comunidades locais, muitas vezes atingidas por problemas sem origem conhecida, o que acaba por dificultar a implantação de medidas mitigadoras.

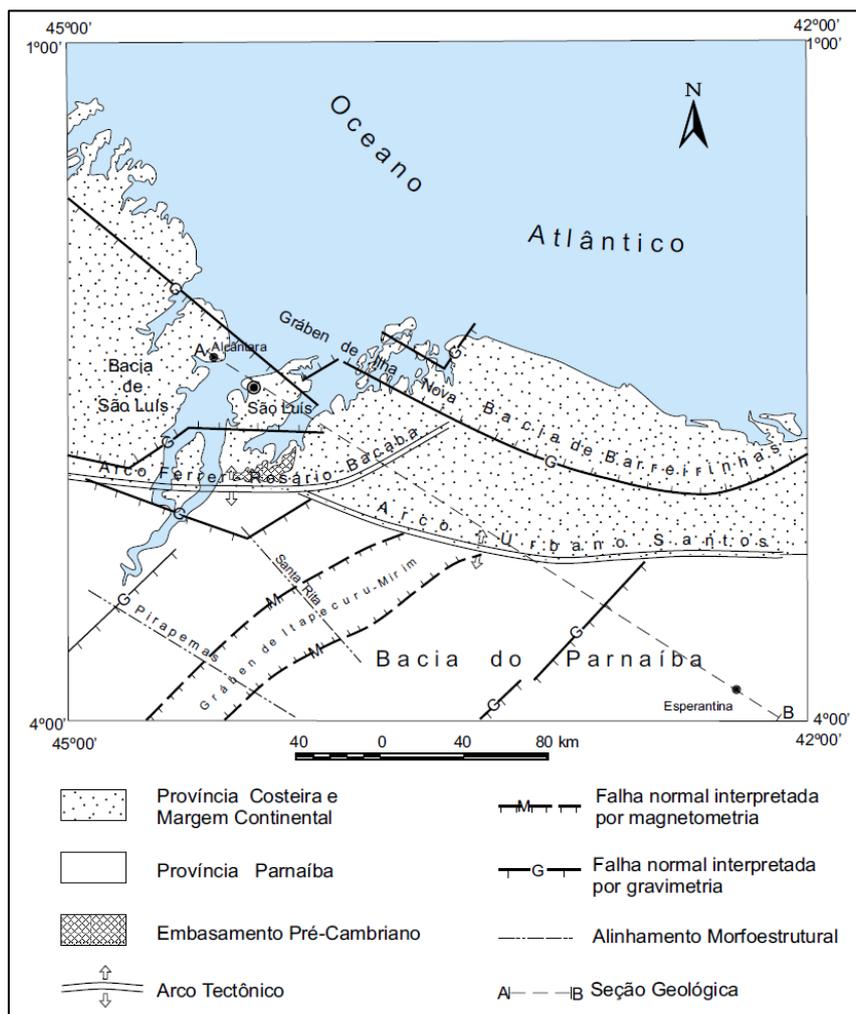
A presente pesquisa tem como objetivo geral compreender a dinâmica fluvial da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques, localizada no município de Barreirinhas – MA, por meio da análise das formas e processos fluviais, bem como do processo de urbanização. Para isso será necessário cumprir os objetivos específicos de mapear as principais formas fluviais da bacia dos Bosques; identificar, por meio de análise espacial e temporal, o processo de urbanização da cidade de Barreirinhas e os impactos na área de estudo; elaborar mapa de ocupação do solo da bacia hidrográfica; analisar a dinâmica da bacia hidrográfica, considerando formas e processos fluviais versus o crescimento e ocupação urbana na área de estudo e fornecer subsídios para o planejamento ambiental local.

## **2. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO**

### **2.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS**

A área de estudo está inserida dentro dos domínios da bacia de Barreirinhas, esta limita-se com o Arco Ferrer Urbano-Santos ao sul (separa as bacias de Barreirinhas e do Parnaíba), a noroeste com a bacia do Pará-Maranhão, a oeste limita-se com a bacia de São Luís e a Leste com a Bacia do Ceará (Figura 02). De acordo com Nogutti (1967) a formação da Bacia de Barreirinhas foi durante o Cretáceo do Aptiano Superior ao Santoniano e seus sedimento são predominantemente marinhos e assentam-se discordantemente sobre rochas do Pré-Cambriano.

**Figura 02** - Compartimentação tectônica que engloba a área de estudo

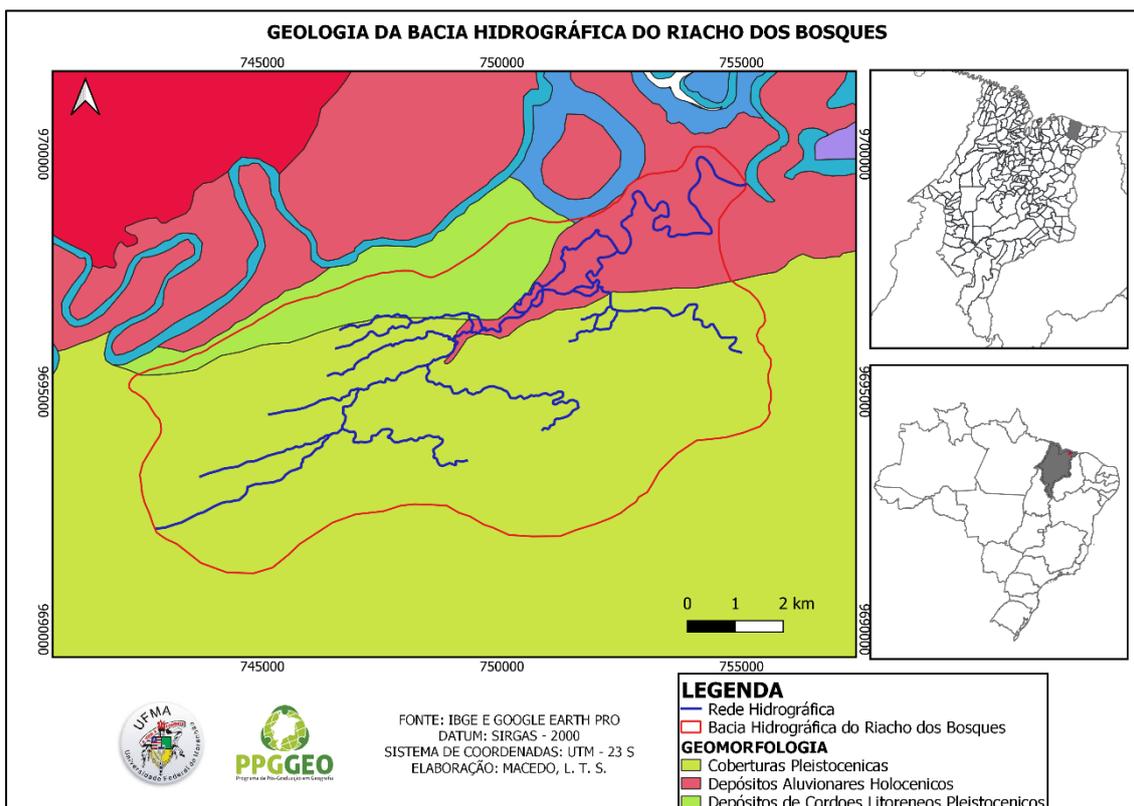


**Fonte:** Veiga Júnior, 2000.

Ainda sobre a gênese da bacia de Barreirinhas, Veiga Júnior (2000) a considera uma Província Costeira e Margem Continental, implantada durante o rifteamento que provocou a deriva das placas Sul-Americana e Africana e a formação do oceano Atlântico. Apresenta um pacote sedimentar com espessura estimada entre 6.000 e 7.000 metros e sendo orientada por falhas normais na direção NW-SE.

A Bacia de Barreirinhas é composta de duas fases de deposição bem distintas durante o cretáceo, sendo elas o Grupo Caju e o Grupo Canárias. Enquanto o primeiro é formado por rochas carbonáticas, o segundo apresenta conglomerados, arenitos, siltitos, folhelhos, folhelhos calcíferos e calcários (NOGUTTI, 1967). No Quaternário houve a deposição de aluviões, dunas, depósitos de mangues e coluviões que jazem discordantemente sobre as unidades estratigráficas mais antigas (Figura 03) (VEIGA JÚNIOR, 2000).

**Figura 03** - Geologia da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

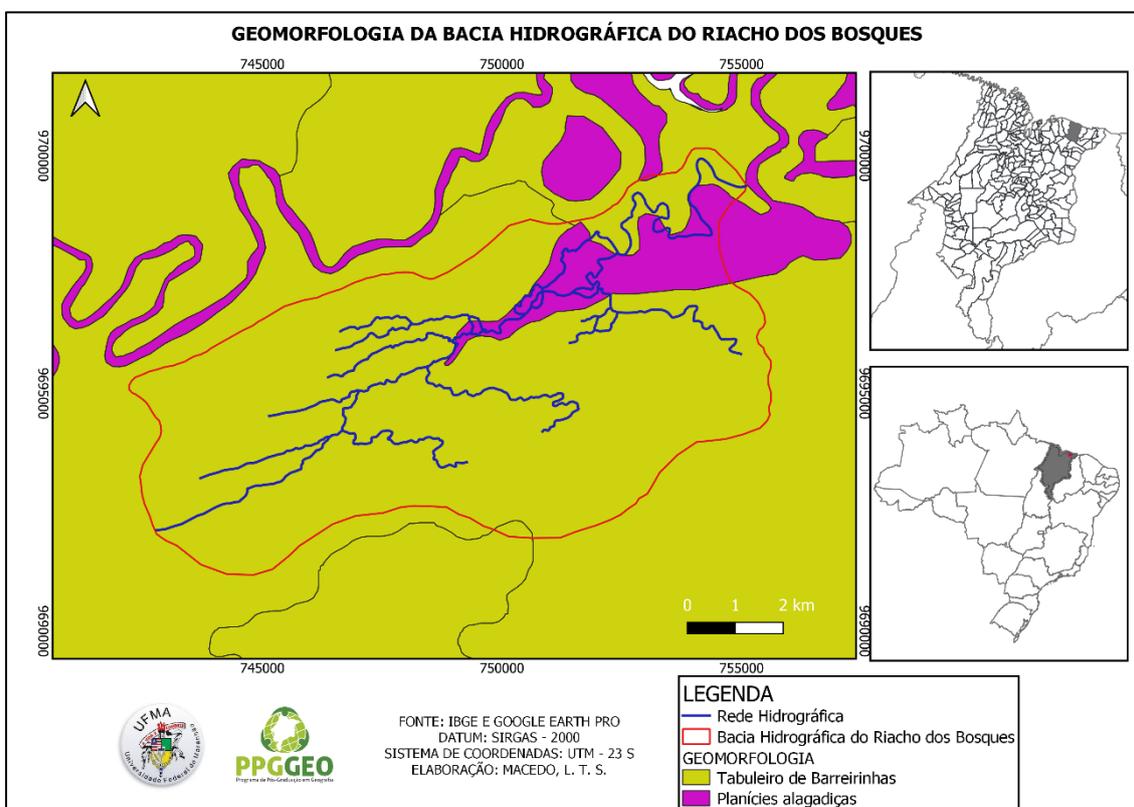
Devido aos processos tectônicos e transgressões e regressões marinhas, algumas suposições são feitas para esta área, como a de que no pretérito havia recifes no grupo Caju (NOGUTTI, 1967); e Santos (2008, p. 39) cita “a identificação de altos estruturais possíveis condicionadores da ocorrência de remanescentes de campos de dunas subatuais e o posicionamento de um graben de grandes dimensões cruzando a trajetória de campos de dunas pretéritas e associado a baixos vales fluviais afogados”.

Quanto ao potencial em hidrocarbonetos, apesar de BANDEIRA (2013) considerar a bacia de Barreirinhas ainda como de fronteira exploratória, por ser pouco explorada e pouco conhecida, é importante mencionar que nas décadas de 1960 e 1970 a PETROBRAS esteve na região explorando o potencial petrolífero da região, onde não obteve sucesso. A porção marítima da bacia é a que traz mais esperanças na prospecção de petróleo a nível comercial.

## 2.2 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS E HIDROGRÁFICOS

A área de estudo está localizada no domínio geomorfológico dos Tabuleiros de Barreirinhas, consistindo de vastos campos de dunas móveis e fixas constituídas por sedimentos eólicos inconsolidados de idade holocênica e lagoas de grandes belezas cênicas (BANDEIRA, 2013; ZEE MARANHÃO, 2017). Além disso, Santos (2008) também menciona na retaguarda desse domínio a Superfície Maranhense de Testemunhos, que pode ser considerada como a transição das áreas de planalto para as áreas de planície maranhense (Figura 04).

**Figura 04** - Geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

As dunas têm sua origem associada a seleção de sedimentos devido a retrogradação dos depósitos sedimentares da Formação Barreiras e consequente alargamento da plataforma continental, em consonância com as sucessivas transgressões marinhas ocorridas desde o Pleistoceno, associadas ao aporte dos sedimentos fluviais provenientes dos principais rios, a exemplo do Parnaíba e Preguiças (MMA/IBAMA, 2002).

Gonçalves et al (2013) definiu as feições eólicas dos Lençóis Maranhenses como dunas livres, dunas associadas à vegetação, dunas fixas, esteiras de dunas e feições de erosão. As dunas livres estão sazonalmente se transformando em outras morfologias; as dunas semi-fixas ou associadas a vegetação estão próximas a desembocaduras dos rios e apresentam tufos de vegetação; as dunas fixas são formas eólicas vegetadas que ocupam a maior parte da planície costeira, sendo também a área de maior ocupação humana; as esteiras de dunas são arcos parabólicos que registram a migração de dunas; por último, a feição erosiva “blow out” relacionam-se com a deflação de dunas livres com presença de vegetação, formando pequenas depressões temporárias.

A bacia hidrográfica do rio Preguiças é a mais importante da região dos Lençóis Maranhense, com uma área de 6.691,85 km<sup>2</sup>. Suas nascentes estão no município de Anapurus, percorre cerca de 120 km até sua foz, no município de Barreirinhas, podendo ser navegável a partir do povoado Sobradinho (Barreirinhas) até o Oceano Atlântico. No seu baixo curso apresenta uma sinuosidade maior, possibilitando o aparecimento de diversas feições geomorfológicas fluviais (CORREIA FILHO, 2011).

Destaca-se também o rio Negro, Juçarai, Maçangano, Sucuriçu, da Fome ou da Formiga, Mamorana e Santos Inácio (CORREIA FILHO, 2011). Gastão e Maia (2010) após extração da rede de drenagem da região, afirmam que há pelo menos quatro padrões de drenagem na região dos Lençóis Maranhense: dentrítico, paralelo, retangular e contorcido; tendo no município de Barreirinhas todos os tipos mencionados.

Há também uma grande quantidade de riachos que cortam a região e fluem para os rios maiores, como por exemplo, Mirinzal, Açui, Tucuns, Giramundo, Palmeirinha, Passagem do Canto, Onça e o dos Bosques. Este último é afluente do rio Preguiças pela margem direita, na altura do seu baixo curso e tem suas nascentes na sede municipal de Barreirinhas. As lagoas também fazem parte do cenário hidrográfico local, principalmente no período úmido, onde o nível do lençol freático está elevado e há a formação das lagoas interdunares (BANDEIRA, 2013).

Quanto as águas subterrâneas as formações cenozoicas formam aquíferos porosos ou intergranular de produtividade muito baixa e com alta vulnerabilidade à contaminação, sendo eles relacionados aos Depósitos de Pântanos e Mangues, Depósitos Eólicos Continentais, Depósitos de Cordões Litorâneos, Depósitos Eólicos Litorâneos,

Depósitos Litorâneos e Depósitos Aluvionares (BANDEIRA, 2013; CORREIRA FILHO, 2011).

### **2.3. ASPECTOS CLIMÁTICOS E VEGETACIONAIS**

De acordo com Ferreira e Mello (2005) os principais sistemas atmosféricos atuantes no Nordeste do Brasil são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as frentes frias, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs), as linhas de estabilidade, os Complexos Convectivos de Mesoescala, as ondas de leste e as brisas marítimas e terrestres. Menciona-se também a importância dos fenômenos El- Niño e La-Niña, ocasionados pelas temperaturas da superfície do mar nos Oceanos Atlântico e Pacífico.

O clima no estado do Maranhão apresenta diferenças para com os demais estados do Nordeste e mesmo entre seus municípios, em decorrência de fatores como a continentalidade, maritimidade e altitude. Mais especificamente para as regiões costeiras tropicais, Santos (2008) coloca a precipitação e o padrão dos ventos como agentes climáticos de grande importância para a dinâmica dessas regiões, em especial para os ambientes sedimentares eólicos.

As áreas próximas ao Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses apresentam índices pluviométricos anuais que variam de 1.473 mm a 1.623 mm, onde o ciclo anual das chuvas se caracteriza por apresentar os maiores índices pluviométricos registrados nos meses de março e abril com acentuado declínio nos meses subsequentes, sendo considerado como clima Tropical Megatérmico, muito quente, úmido a sub-úmido (IBAMA, 2002; SANTOS, 2008).

A temperatura média do ar no Norte do Maranhão costuma ser amenizada em função da proximidade com o Oceano Atlântico que contribui de forma significativa para o aumento da umidade do ar, com uma temperatura média anual em torno de 26,1 °C, com variações a depender dos períodos de seca e chuva (ATLAS DO MARANHÃO, 2002). Na tabela abaixo é possível observar a variação de temperatura máxima, média e mínima; e o total de precipitação (mm) entre os anos de 2008 e 2019 na região de estudo.

**Tabela 1** - Dados de temperatura máxima, média, mínima e precipitação pluviométrica da Estação Preguiças para o período de 2008 a 2019.

<b>Ano</b>	<b>T. MÁX (°C)</b>	<b>T. MÉD (°C)</b>	<b>T. MÍN (°C)</b>	<b>Total anual (mm)</b>
2008	31,8	27,9	23,4	1651,1
2009	32	27,5	23,2	2694,8
2010	32,8	28,3	23,3	1211
2011	32,2	27,9	23,1	1895,1
2012	31,8	27,7	23,2	874,2
2013	31,5	27,6	23,4	1458
2014	31,3	27,3	22,9	1810,4
2015	31,3	27,6	23,3	1208,6
2016	31,6	27,8	23,9	1412,5
2017	31,5	27,3	23,3	1480,9
2018	30,9	27	18,9	1970,9
2019	31	27	22,6	2316,8
<b>Médias</b>	<b>31,6</b>	<b>27,6</b>	<b>22,9</b>	<b>1665,4</b>

**Fonte:** INMET (2021)

Mais do que número as informações contidas na tabela anterior permitem conhecer um pouco mais sobre o regime hidrológico da área que a bacia do Riacho dos Bosques está inserida. As variações anuais ou mesmo durante um período maior são responsáveis por alterações substâncias da paisagem e estão diretamente ligadas a outros atributos ambientais e sociais (FLORENZANO, 2008). Em uma bacia de pequeno porte como a do Riacho dos Bosques, a ocupação e alteração das planícies fluviais é perigoso tanto para a sociedade como para o canal fluvial que já possui um histórico de extravasamento.

A percepção que se deve ter é que a dinâmica fluvial é alterada em decorrência, principalmente, das variações dos índices pluviométricos e que o histórico do rio deve ser levado em consideração ao se questionar as formas de ocupação de tais áreas. Além do mais, a água é um agente modelador do relevo que controla os ambientes com alterações de formas através de processos em escalas variadas de tempo (NETTO, 2007).

Outro detalhe importante e que se alinha com o volume de chuva são as características sedimentares da bacia, ainda mais em bacias que tem grande parte de sua área formada por Neossolo quartzarênicos, solos mais fracos do ponto de vista de agregação, o que colabora para uma maior importância da vegetação na proteção do solo

com vistas a evitar a processos erosivos que levem a alterar o volume de sedimentos no rio.

A variável vento é uma das mais significantes para a dinâmica regional do litoral leste do estado Maranhão por estar diretamente ligada aos processos de movimentação das dunas. De acordo com Santos (2008) predominam para essa região ventos com direção NE, ENE, E e N, atingindo uma velocidade média de 8,3 m/s no período seco e 6,1 m/s no período de chuvas.

Devido aos outros atributos físicos da região estudada, a vegetação predominante dos Lençóis Maranhense é a restinga, cobertura vegetal tipicamente costeira, que é geralmente composta por comunidades herbáceas, esclerófilas arbustivas e/ou arbóreas, e higrófilas; sendo muitas vezes confundidas com formações vegetais do cerrado e da caatinga (IBAMA, 2012; BARREIRINHAS, 2014).

Aliado as características climáticas e vegetacionais de transição do estado do Maranhão ainda é possível observar no Barreirinhas formações município de vegetais típicas do cerrado e da caatinga. Além disso observa-se as vegetações aluviais que acompanham os lagos, rios e as várzeas e a presença de mangues (SANTOS, 2008).

Devido as singularidades ambientais dos Lençóis Maranhense é grande a possibilidade de ocorrência de espécimes endêmicas de Fitoplâncton nas lagoas, o que reforça ainda mais a necessidade de preservação e manutenção do equilíbrio desse ambiente (IBAMA, 2002), apesar de não haver uma grande diversidade de espécies nas lagoas, devido a fatores climáticos extremos e a baixa disponibilidade de nutrientes (MOSCHINI-CARLOS et al., 2008).

## **2.4 ASPECTOS PEDOLÓGICOS**

De acordo com Jacomini et al (1986) e IBGE (2011) o município de Barreirinhas tem em seu território a presença de sedimentos inconsolidados, representados pelas dunas, areias quartzosas e areias quartzosas marinhas, estando associado a formação de Neossolos Quartzarênicos Órticos e a ocorrência de Gleissolo Sálco Sódico no estuário do rio Preguiças. No entanto, é válido mencionar que o nível de detalhamento utilizado nesses trabalhos impossibilita o detalhamento mais específico das classes de solos identificadas.

Bandeira (2013) também associa ao domínio geomorfológico dos Lençóis Maranhense a presença de Espodossolos Ferri-Humilúvicos originados através do acúmulo de matéria orgânica em profundidade após translocação desse material; e ainda os Latossolos Amarelos distróficos em áreas mais interioranas, mais precisamente em áreas de influência dos sedimentos do Grupo Barreiras. Devido as áreas de planícies fluviais são formados solos aluviais (atualmente denominados de Neossolos Flúvicos) nas margens dos cursos d'água (CORREIRA, FILHO, 2011).

As classes de solo mencionadas possuem como similaridades o fato de possuírem baixa ou muito baixa fertilidade natural e estarem em relevo pouco movimentado. À exceção dos Latossolos Amarelos, é uma área de difícil manejo do solo devido as características físico-químicas das demais classes apresentadas, como por exemplo, a textura arenosa, que os torna mais susceptíveis aos processos erosivos. Os solos sob influência hídrica também apresentam restrição ao manejo, principalmente em decorrência da sazonalidade dos períodos de cheia e vazante.

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

O método adotado nesta pesquisa será o quali-quantitativo e para sua compreensão é necessário a explicação de cada um conceitualmente. O método qualitativo volta-se para análises compreensivas ou interpretativas, partindo da ideia de que as pessoas agem em função de suas crenças, percepções, sentimentos e valores (MINAYO, 2012; ALVES MAZZOTI E GEWANDSZNAJDER, 1999). Já o método quantitativo tende a enfatizar o raciocínio dedutivo, as regras da lógica e os atributos mensuráveis da experiência humana (GERHARDT E SILVEIRA, 2009).

A grande questão para a implementação do método quali-quantitativo é a busca da integração entre os dados obtidos pelos dois métodos. Não se trata somente de coletar dados com técnicas qualitativas e quantitativas como aponta Paranhos et al. (2016) e sim, estabelecer uma relação de causalidade entre as informações coletadas. Essa relação está diretamente relacionada à abordagem do objeto de pesquisa e o modo como ela será desenvolvida de acordo com as necessidades previstas antes do trabalho ou identificadas no decorrer do estudo.

Para entender a utilização do método quali-quantitativo nesta pesquisa, utiliza-se a seguinte comparação feita por Polit et al. (2004), em que a pesquisa quantitativa inicia

com ideias preconcebidas do modo pelo qual os conceitos estão relacionados e a pesquisa qualitativa possui poucas ideias preconcebidas e salienta a importância das interpretações dos eventos mais do que a interpretação do pesquisador. Partindo desta análise, os processos e formas fluviais são relacionados a iniciativa quantitativa, enquanto o entendimento da dinâmica do processo de urbanização e suas causas e consequências são vistos sob uma ótica mais qualitativa; sem deixar de considerar que um tipo de pesquisa não exclui a utilização do outro em nenhuma das análises.

As técnicas utilizadas em determinado trabalho procuram responder da melhor forma possível os questionamentos propostos da pesquisa e, com este objetivo entende-se que as técnicas que podem cooperar para o sucesso deste trabalho são: pesquisa bibliográfica; observação participante, do tipo participante como observador; entrevistas semi-estruturadas e a pesquisa documental (dados pluviométricos e hidrológicos, por exemplo).

As técnicas de análise espacial e temporal com auxílio das geotecnologias (GPS, SIG, Drone, etc.) foram utilizadas e constituem uma etapa importante no entendimento das dinâmicas espaço-temporais que os diferentes ambientes apresentam. Nesta pesquisa utilizou-se de técnicas de classificação de imagens e do mapeamento das formas fluviais.

Os trabalhos que visam a caracterização de feições geomorfológicas em rios buscam pela lógica sistêmica (COELHO e ANDRADE, 2020), procurando integrar as diferentes variáveis presentes nos processos de esculturação do curso do rio e do relevo adjacente. Em decorrência disso, é necessária a integração dos dados de morfologia, cartografia, sociais, entre outros, que são essenciais na qualidade do produto final.

O ramo da Geomorfologia Fluvial é específico e detalhista, sendo constituído de conhecimento de diversas disciplinas: Geologia, Física, Química, Geografia, Engenharia, dentre outras. A sua especialidade se reflete nas ferramentas utilizadas no desenvolvimento dos projetos que envolvam tal matéria, tais como: mapas e cartas, estudos hidrológicos e hidráulicos, métodos estatísticos, geotecnologias, entre outros.

Os estudos envolvendo geomorfologia fluvial foram se desenvolvendo à medida que métodos mais consistentes de análise de processos nas redes de drenagem foram fortalecidos de técnicas que possibilitassem ir além do monitoramento, refletindo em estudos aplicados em áreas de interflúvios e no interior dos canais (GIRÃO e CORRÊA, 2015).

Um fato importante na análise de processos em geomorfologia fluvial é a diferenciação espacial das áreas, cabendo analisar cada qual com suas particularidades; a exemplo das diferenças pluviométricas das diferentes regiões do globo. Quanto às escalas espacial e temporal, elas mantêm uma relação direta entre si, o que pode significar a separação de intervalos temporais de diferentes significados em uma mesma área (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017).

Barros e Reis (2019) analisaram as publicações sobre Geomorfologia Fluvial entre 2000 e 2018 na Revista Brasileira de Geomorfologia e descobriram que as abordagens técnicas-metodológicas mais utilizadas nas pesquisas se referem à análise de dados topográficos, às imagens de satélite, às aplicações de geoprocessamento e à análise de variáveis e dados hidrossedimentológicos.

As fotografias aéreas e imagens de satélite oferecem meios para a aplicação de métodos eficientes na análise das formas do relevo, são técnicas que conseguem captar desde os processos mais simples aos mais complexos, assim como o impacto das ações antrópicas, utilizando escalas temporais e espaciais adequadas a análise espacial empregada. De acordo com Florenzano (2008), as feições podem apresentar-se bem visíveis nas imagens de satélite, entretanto, fatores como rugosidade, umidade, insolação, sombreamento, entre outros, necessitam de habilidades aprofundadas para a interpretação correta das imagens.

### **3.1 Procedimentos Metodológicos**

#### **3.1.1 Revisão bibliográfica**

- Levantamento bibliográfico em livros, revistas, teses, dissertações e demais documentos oficiais acerca da temática abordada assim como da área de estudo.

#### **3.1.2 Atividades de Campo**

- O primeiro trabalho de campo foi realizado nos dias 03 e 04 de fevereiro de 2021, onde foi possível: a identificação das características naturais (formas fluviais) e antrópicas da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques; a marcação de pontos no *Global Positioning System* (GPS), a realização de registros fotográficos, a aplicação de entrevistas com gestores municipais e representantes da comunidade.
- A segunda atividade de campo ocorreu entre os dias 23 e 26 de junho de 2022. Nessa oportunidade, as atividades se concentraram na correção do limite hidrográfico em alguns pontos da bacia e na identificação das formas flúvio-

lagunares da bacia; além disso, foi possível conhecer a dinâmica hídrica da planície de inundação no período chuvoso.

### 3.1.3 Atividades de Laboratório

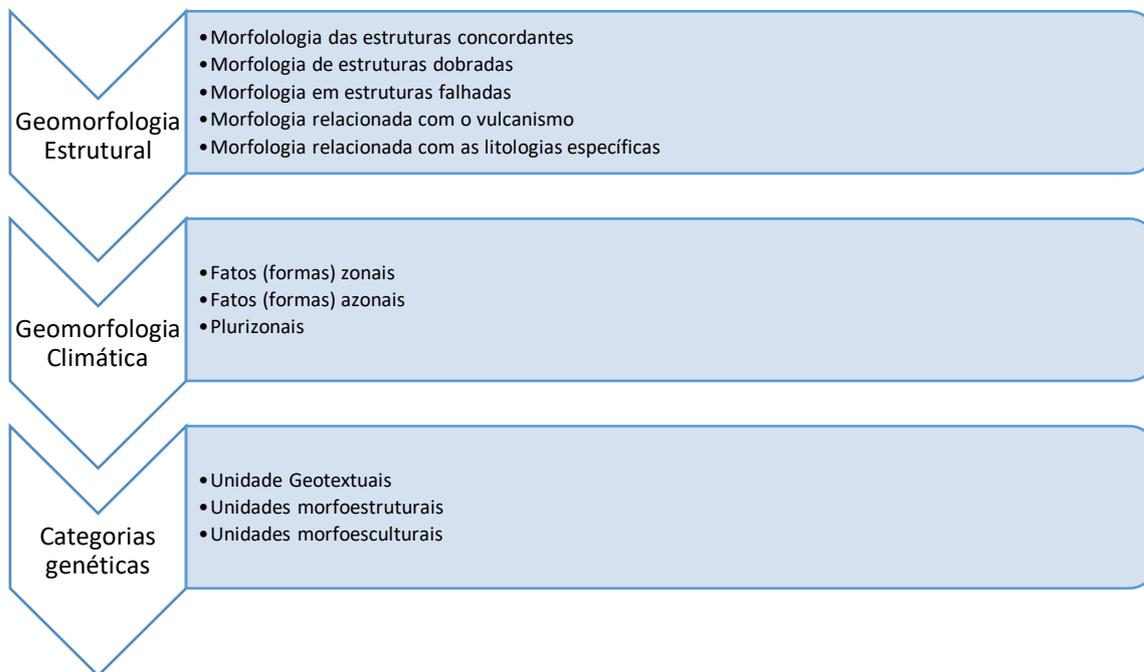
- Mapeamento do uso e ocupação do solo: foram definidos os anos de 2005, 2013 e 2018 para realizar uma análise temporal do uso e ocupação do solo na Bacia do Riacho dos Bosques. As imagens da área de estudo foram obtidas no Software *Google Earth Pro* e georreferenciadas no software *Qgis*. As imagens fornecidas pela Google vêm configuradas por padrão para o Datum WGS-84 e foi utilizado o sistema de coordenadas métricas (UTM) que permitiu a mensuração das áreas em etapa posterior. A classificação manual do solo foi feita usando as ferramentas **Digitalizar, Digitalização Avançada e Ferramentas de Aderência** do *Qgis*. Ao todo foram seis classes individualizadas na imagem (Área Rural, Área Urbana, Área Úmida, Área Loteada e Área Não Ocupada e Água). Com as áreas identificadas foram feitos os cálculos de área, por meio da calculadora de campo no mesmo software, para cada uma das classes e de cada ano analisado.
- Nesta etapa, também foi delimitado o divisor da bacia. A primeira tentativa foi anterior às atividades de campo e consistiu em vetorização de Carta Topográfica de 1994, disponibilizada pela Diretoria de Serviço Geológico (DSG) na escala de 1:100.000 e por meio de imagens de satélite georreferenciadas do *Google Earth Pro*; a segunda, foi desenvolvida após a realização das atividades de campo em que foram verificados os pontos de controle pré-estabelecidos em gabinete para a correção em campo; por último, foi gerado o modelo digital do terreno por meio de dados altimétricos do satélite *Alos Palsar*.
- Vetorização das formas fluviais no software *Qgis*, utilizando imagem do sensor CBERS referente ao período de estiagem com 2 metros de resolução espacial.

### 3.1.4 Mapeamento Geomorfológico

A compartimentação morfológica do relevo integra fator importante no mapeamento geomorfológico e nos demais meios de compreensão da dinamicidade da geomorfologia. De acordo com Christofolletti (1980), as formas geomorfológicas (denominadas por ele de fatos geomorfológicos), foram classificadas de diversas maneiras ao longo do tempo (Figura 05), procurando se adequar às necessidades que se

apresentavam a cada época, principalmente derivadas das condicionantes litológico-estruturais e padrões climáticos.

**Figura 05** - Propostas de classificação do relevo utilizadas ao longo do tempo



**Fonte:** Adaptado de Christofolletti (1980).

Neste trabalho, definiu-se pela utilização das propostas de mapeamento do relevo de Ross (1992) e Dantas (2016). Aquela é uma das referências mais difundidas no Brasil quando se fala de compartimentação da paisagem, enquanto esta é um trabalho recente, mas estruturado com base em anos de pesquisas geomorfológicas no território nacional desde 1997.

Em seu trabalho de classificação do relevo, Ross (1992) apresenta seis Táxons ou seis níveis de compartimentar a superfície terrestre, variando de uma escala espacial mais abrangente (Unidade Morfoestrutural) a uma mais detalhada (Formas de processos atuais). Essa diferenciação espacial permite estudos de morfogênese, morfodinâmica e morfometria que podem estar relacionados ou não entre os táxons.

O enfoque deste trabalho foram os táxons 3º (Unidades morfológicas ou padrões de formas semelhantes) e 4º (Tipos de formas de relevo). No primeiro, as formas são distinguidas em função da rugosidade topográfica ou índice de dissecação do relevo, bem como do formato dos topos, vertentes e vales de cada padrão existente. Já os tipos de

forma de relevo estão relacionados aos processos que originam formas agradacionais (planícies fluviais, planícies lacustres, etc) e denudacionais (colinas, morros, etc).

É importante mencionar que a proposta de taxonomia de Ross está vinculada às escalas médias e pequenas, o que difere deste trabalho de dissertação, pois nele foi abordado uma escala de análise de maior detalhe. É neste ponto que se tornou necessária a utilização de Dantas (2016), com o objetivo de especificar ainda mais os táxons 3º e 4º da classificação de Ross.

O referido trabalho, intitulado de Biblioteca de Padrões de Relevo do Território Brasileiro, traz como premissa básica o enfoque no 3º táxon de Ross (1992), no qual são apresentadas seis subdivisões relacionadas a processos de deposição e erosão no relevo (Quadro I). São exemplificadas ainda feições de semidetalhe do relevo no 4º táxon, como lajedões, morrotes e cristas.

**Quadro 1-** Divisão do 4º táxon de Ross (1992) desenvolvida por Dantas (2016)

Ross (1992)	Dantas (2016)
3º Táxon	Domínio das unidades agradacionais.
	Domínio das unidades denudacionais em rochas sedimentares pouco litificadas.
	Domínio das unidades denudacionais em rochas sedimentares litificadas.
	Domínio dos relevos de aplainamento.
	Domínio das unidades denudacionais em rochas cristalinas ou sedimentares.
	Domínios de formas de dissolução em rochas carbonáticas.

**Fonte:** Ross (1992) e Dantas (2016)

Essas classificações abrangem um rol de ambientes (marinhos, continentais, eólicos, cársticos, costeiros, fluviais, entre outros) que apresentam características ambientais próprias, o que implica em feições específicas de cada ambiente. No Domínio das Unidades Agradacionais estão as paisagens fluviais com presença marcante de processos deposicionais atuais e subatuais, como por exemplo, as planícies de inundação (várzeas), planícies fluvio-marinhas (brejos), planícies fluvio-lacustres (brejos), as planícies fluvio-deltaicas (brejos) e, os terraços fluviais. Para a área de estudo deste

trabalho é importante também mencionar os campos de dunas (móveis e fixas) e a planície de deflação.

Conforme Argento (2007, p.368), devem ser direcionados esforços para uma padronização das legendas utilizadas em mapeamentos geomorfológicos. Nesse sentido, o autor propõe uma escala a partir de 1:25.000 para estudos em microescalas, havendo trabalhos em que o nível de detalhamento será unitário. Sobre o processo de mapeamento geomorfológico, ele pontua que “uma metodologia de mapeamento geomorfológico tem como base a ordenação dos fenômenos mapeados, segundo uma taxonomia que deve estar aferida a uma determinada escala cartográfica”. A tabela a seguir se refere a um exemplo de legenda com modificações proposto pelo autor e que se adequa a trabalhos em microescala.

**Quadro 2** - Legenda para mapeamento fluvial em microescala.

Canal fluvial	Curso d'água (perene ou intermitente)
	Lagoa (alagado, represamento)
	Meandro abandonado
	Escoamento difuso
	Nascente
	Margem côncava (erosão)
	Margem convexa (acumulação)
	Nível de base local
	Terraço Fluvial
	Terraço degradado
	Terraço coluvial
	Cones aluviais
	Lençol aluvial
	Interflúvio estreito
	Barras/Bancos de areia
Ilhas fluviais	

*Fonte:* Modificado de Argento (2007).

Brierley et al. (2021, p.02) entende que o mapeamento geomorfológico é executado a partir do raciocínio abdutor, o qual pode ser entendido como a “inferência à melhor explicação, esforçando-se para desenvolver um argumento racional e lógico que

crie conhecimento com uma base de evidências adequadas”. No mesmo trabalho são elencadas competências (Figura 06) que estão relacionadas a uma efetiva interpretação da paisagem.

**Figura 06** - Competência necessárias para a realização de mapeamento geomorfológico

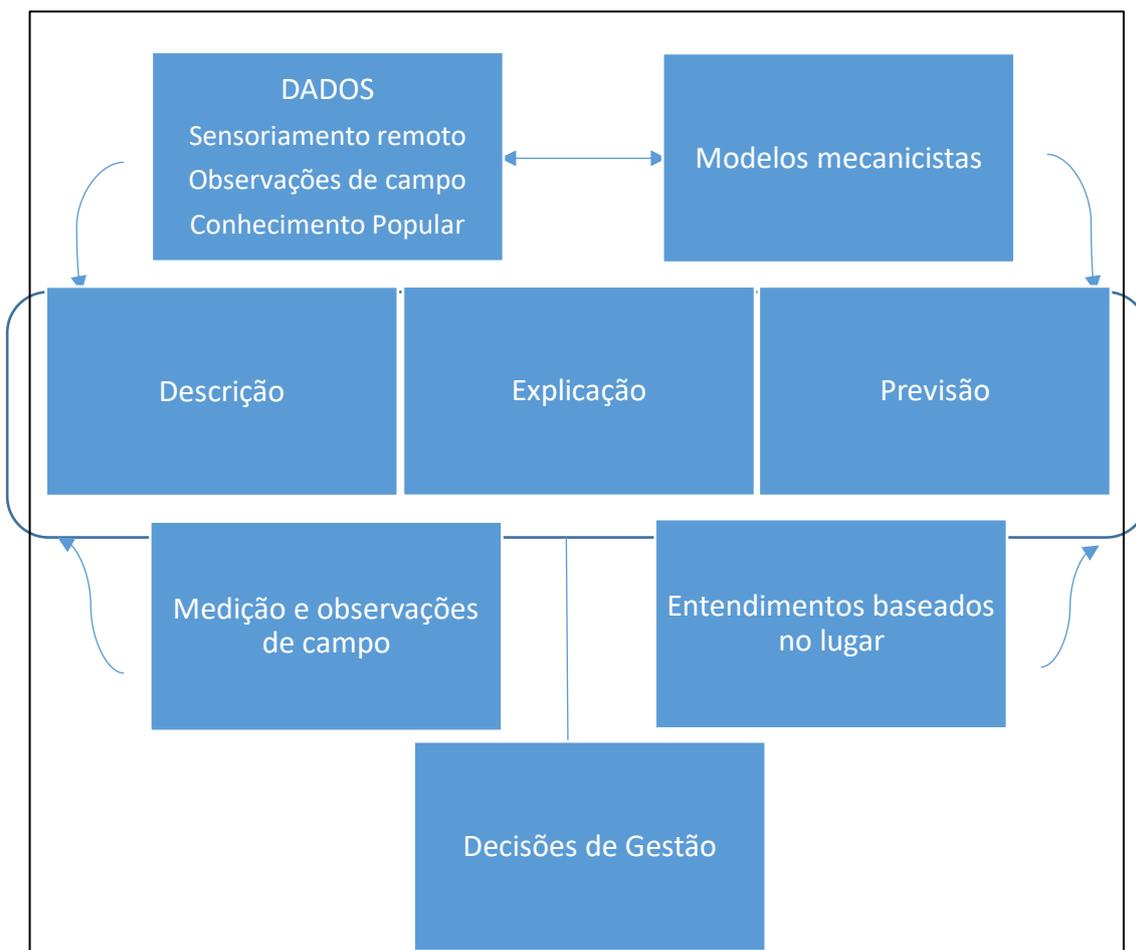
Contexto Situacional	Suposições	Conceitos	Cognição
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Ambiental</li> <li>•Cultural</li> <li>•Histórico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Experiência</li> <li>•Memória</li> <li>•Intuições</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Modelos</li> <li>•Teorias</li> <li>•Ideias</li> <li>•Regras</li> <li>•Leis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Percepção</li> <li>•Atenção</li> <li>•Lógica</li> <li>•Inteligência</li> <li>•Raciocínio (Indutivo, Dedutivo e Abduativo).</li> </ul>

**Fonte:** Adaptado de Brierley et al. (2021).

Para o adequado mapeamento seguiu-se a proposta metodológica (Figura 07) de Brierley et al. (2021, p. 01), que dá ênfase ao processo através de:

Abordagens cuidadosamente elaboradas para a interpretação que relacionam compreensões gerais derivadas da análise de dados de sensoriamento remoto com observações/medidas de campo e conhecimento local para dar suporte a aplicações baseadas em locais adequadamente contextualizados.

**Figura 07** - Esquema de mapeamento geomorfológico proposto por Brierley et al. (2021)



**Fonte:** Brierley et al. (2021)

Os dados e os modelos mecanicistas compreendem o que temos de material primário para aplicar as etapas seguintes de forma que esses produtos e suas causas se tornem padrões explicativos da forma fluvial identificada. É possível também aplicar ao porquê de determinada feição não ser encontrada em um ambiente, onde originariamente ela ocorreria.

A abordagem descrever-explicar-prever é o cerne da transformação dos dados em conhecimento, é nessa etapa que se discute os conceitos teóricos e geográficos, usando dos conceitos de representatividade e transferibilidade do *insight* de uma situação para outra (BRIERLEY, 2021). A descrição consiste na identificação das características da feição; a explicação é o modelo mecanicista para o processo de formação da feição e a previsão, nesse caso, refere-se a quais feições tendem a se formar na área e quais os processos futuros das feições atuais.

As medições e observações de campo assim como os entendimentos baseados no lugar é a etapa que se valida ou se invalida informações identificadas em gabinete, assim como se conhece e se aprofunda na realidade local a partir do conhecimento fornecido pelos ocupantes da área de pesquisa. As escalas temporais e espaciais de análise podem sofrer alterações à medida que se enquadra a pesquisa dentro da realidade unicamente desvelada em campo.

A decisão de gestão ou aplicação de gestão é o resultado obtido pela reunião das informações obtidas a partir do modelo teórico proposto e que visa a indicação de formas adequadas de gerenciamento do ambiente local. Esse item se aplica ao capítulo de encerramento desse trabalho de dissertação, no qual é indicada uma proposta de zoneamento da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques de acordo com os resultados encontrados pelo conceitual adotado.

#### **4. O SISTEMA FLUVIAL**

Os estudos de rios e bacias como um sistema fluvial tiveram origem em meados da década de 1950, quando a Teoria Geral do Sistemas começou a difundir-se nas discussões científicas da época. Os ganhos teóricos/metodológicos a partir da visão sistêmica nos estudos em geomorfologia fluvial são ainda maiores ao se considerar que diversos agentes modeladores da paisagem estavam/estão em franca alteração, como por exemplo as mudanças climáticas (MARÇAL e LIMA, 2016).

Os sistemas podem ser definidos a partir de Christopherson (2012) como “qualquer conjunto ordenado e interrelacionado de coisas e seus atributos, conectados por fluxos de energia e matéria, distinto do ambiente circundante fora do sistema”. Ainda segundo Thornes e Brunnsden (1977) um sistema é “um conjunto de objetos ou atributos e das suas relações, que se encontram organizados para executar uma função particular”. Ressalta-se que os sistemas estão presentes em diferentes escalas, podendo uma grande bacia hidrográfica ser estudada como tal definição e um pequeno córrego também ser interpretado como tal.

Na geomorfologia, os sistemas são quase sempre atrelados a um conjunto maior, sendo necessário para isso a compreensão de conceitos como sistemas antecedentes, sistemas subsequentes e mecanismo de retroalimentação (feedback)

(CRHISTOFOLETTI, 1980). Para entender a relação dentro da Geomorfologia desses termos, parte-se da análise de que um sistema hidrográfico sofre alterações à medida que um sistema urbano (cidade, por exemplo) evolui e passa a aumentar, por exemplo, sua área impermeabilizada e/ou crescimento de áreas com solo exposto.

Souza (2013) entende o sistema fluvial como “a zona fonte de sedimentos, a rede de transporte e os sítios de deposição”, denotando a importância da sedimentologia nos estudos das bacias hidrográficas, apesar do autor considerar ainda um tema marginalizado nas pesquisas que envolvem análise integrada da paisagem. Ainda é possível citar outros elementos presentes no sistema e que são essenciais na distribuição de matéria e energia, tais como o homem e a tectônica.

O sistema fluvial envolve fatores geomorfológicos, geológicos, biológicos, vegetacionais, climáticos e antrópicos que foram sendo estudados de formas variadas com o decorrer do tempo. Marçal e Lima (2016) destacam dois paradigmas contemporâneos da organização espacial dos sistemas fluviais: continuidade (rede) *versus* descontinuidade (trechos) e a dinâmica hierárquica de trechos. Focados nas relações espaciais, esses paradigmas pecavam ao não considerarem a história evolutiva do rio e ainda eram pouco desenvolvidos com relação às questões ambientais da época atual em que o homem vive (Holoceno).

Diversos são os fenômenos identificados em um sistema, sendo eles processados por fluxos de energia e matéria, transformando-se num fator importante da análise sistêmica do meio ambiente ao abordar de forma conjunta uma gama de fenômenos que estão em interação constante (TRICART, 1977). Partindo da classificação de Christofolletti (1980) e Tricart (1977), o sistema fluvial é interpretado também como constituído pelos subsistemas rios, vertentes, bacias hidrográficas e o homem.

Cada um desses subsistemas age de forma própria e com seus elementos em busca de seu equilíbrio e do equilíbrio do próprio sistema fluvial, haja vista que um faz parte do outro, no sentido de que um rio não funciona sem uma bacia hidrográfica e vice-versa. Para isso, tem-se o que afirma Christofolletti (1979, p.17) em que “no subsistema rio, a carga recebida de água e detritos pode ser armazenada ou depositada no leito ou nas planícies de inundação ou ser transferido para os lagos e mares”, denotando a importância dos outros sistemas no *output*, distribuição de matéria e energia dentro próprio sistema e no *input*.

Alguns conceitos fundamentais em sistema fluvial são discutidos por Stevaux e Latrubesse (2017). Estes são **escala espaço temporal**, definindo que há relação direta entre “variáveis de pequena extensão espacial” e “pequena extensão temporal”; **hierarquia das variáveis fluviais**, buscando identificar a dependência e a independência entre as variáveis de um sistema; **complexidade**, advinda da teoria do caos representa a ação que determinado elemento pode imputar a outro do próprio sistema.

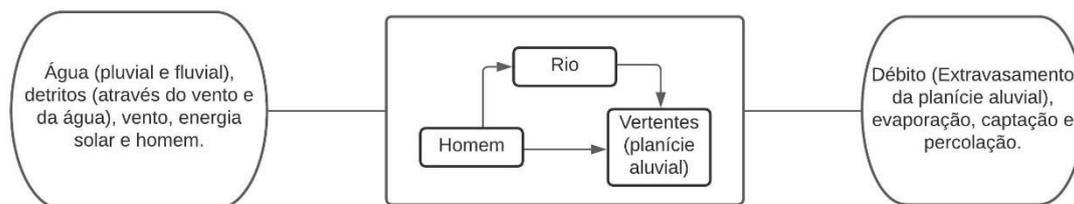
Outro conceito adotado pelos autores e usado também por Magalhães Júnior e Barros (2020) é o de limite (umbral/*threshold*), que faz referência a um nível de alteração que cada sistema suporta para não sofrer alterações definitivas; a retroalimentação (feedback), como já citada anteriormente está relacionada a alteração final que o sistema sofre, sendo negativa quando ele se estabiliza após as alterações que sofreu e positiva quando não retoma suas características iniciais, havendo o rompimento do sistema.

De acordo com Schumm (2005), o sistema fluvial pode ser considerado em diferentes escalas e em maior ou menor detalhe dependendo do objetivo do observador, e ainda ser dividido em três zonas. A zona 1 é indicada como a bacia de drenagem, a bacia hidrográfica ou área de origem de sedimentos, sendo, portanto, considerada a zona onde os *inputs* desse sistema são inicialmente trabalhados ou produzidos (embora também haja armazenamento de sedimentos). Dependendo da localização dessa zona ela pode sofrer com processos antrópicos de diferentes magnitudes, haja vista que podem ser áreas densamente ocupadas.

A 2 é a zona de transferência, onde, para um canal estável, a entrada de sedimentos pode ser igual à saída. Percebe-se que esta mantém estreita relação com o equilíbrio do canal e também dos processos que ocorrem na zona 1, seja o aumento ou a diminuição na produção de sedimentos. A Zona 3 é o depósito de sedimentos ou área de deposição (delta, leque aluvial), que está sujeita a alterações de material e estrutura de acordo com o que ocorre nas zonas anteriores.

A representação da estrutura de um sistema fluvial (Figura 08) traz em um primeiro momento o que está entrando no sistema (*input*), logo após aparece os elementos que compõe esse sistema e por último a representação do que está saindo do sistema (*output*).

**Figura 08** - Esquema do Sistema Fluvial na Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques



**Fonte:** Autoria própria (2021)

O comportamento das variáveis do *input* é essencial para as relações que eles irão manter durante o processamento, pois elas não são estáveis e essas variações acarretam em mudanças no sistema por inteiro, como por exemplo, quando a quantidade de detritos que chega em determinada bacia passa de um limite aceitável, haverá pressão no sistema. Isso também é aplicado ao homem e ao avanço da urbanização e às distintas variações de insolação e a velocidade do vento.

O que é entendido como *input* merece uma atenção especial, por exemplo, porque a água pode se referir tanto a água do canal como a água da chuva; assim como os detritos, que podem ser representados pela carga sedimentar que chega à bacia assim como o material que já está dentro do sistema. Isso reflete também a importância dos sistemas antecedentes e consequentes na análise do sistema em foco.

No sistema aqui discutido, o rio, o homem e as vertentes (planície aluvial) são os elementos que compõem o processamento e que resultam no *output* indicado. Eles se relacionam de distintas formas, mantendo uma forte relação de dependência. Por dependência, deve-se considerar uma ótica positiva e negativa, haja vista que processos que alteram esses elementos podem ser para buscar o seu equilíbrio natural e outros são em decorrência de perturbações que esse apresenta.

O rio se relaciona em níveis diferentes com a sua planície aluvial durante as estações secas e chuvosas, havendo períodos em que se sobrepõe sobre ela e outras em que se retrai para seu leito normal. Outra relação de dinâmica variável é a relação entre o homem e o rio, já que em alguns pontos praticamente inexistente a presença do primeiro e em outros o rio praticamente não tem mais mata ciliar. Nota-se que no exemplo acima apesar de ser mencionado apenas rio e homem, é deixado implícito que a planície aluvial também é afetada.

Quanto ao *output* é necessário compreender que a água tem interfaces com as outras esferas: atmosfera, pedosfera, litosfera e até mesmo a biosfera. Processos como a evaporação, a captação e a percolação estão relacionadas às formas como a água é retida, transformada, transportada e retirada nessas interações. Já a descarga é controlada por inúmeras variáveis que estão no sistema e que interferem por meio da granulometria dos sedimentos, velocidade da água, velocidade de fluxo, largura do canal, entre outros.

#### **4.1 BACIA HIDROGRÁFICA**

A bacia hidrográfica, atualmente, é muito utilizada como Unidade de Planejamento, seja em trabalhos privados, governamentais ou acadêmicos, e uma justificativa para isso é a capacidade de agregar fatores físicos e sociais que podem ser demarcados. Há ainda a possibilidade de analisar uma bacia hidrográfica como um sistema que é constituído por elementos que se distinguem em cada escala de análise utilizada, sendo complementares e interdependentes entre si.

Magalhães Júnior e Barros (2020, p.53) a conceituam assim:

um sistema espacial geograficamente definido a partir da configuração da rede de drenagem e delimitado por divisores hidrográficos (interflúvios), cujos fluxos fluviais se concentram em um curso d'água principal antes que toda vazão conflua para uma única saída (exutório).

Já Stevaux e Latrubesse (2017, p.59) dizem o seguinte:

A bacia de drenagem de um rio corresponde não apenas à rede de canais, mas a toda área de captação de água pluvial (e da neve), que pode escoar sob a forma de fluxo superficial acanalado, fluxo superficial não acanalado (hortoniano e hipodérmico) e fluxo subterrâneo (água freática).

O primeiro conceito é mais comum e mais utilizado em ciências como a Geografia, construído a partir de ideias centradas na interação do homem com a bacia hidrográfica; já a segunda definição traz uma conotação mais técnica e robusta de vertentes que trabalham diretamente com os aspectos quantitativos das bacias hidrográficas, como a Geomorfologia. A bacia hidrográfica pode ser ainda dividida, a depender da aplicação a que se destina, em sub-bacias e microbacias; sendo esta última uma unidade espacial mínima, definida por canais fluviais de primeira ordem (FLORENZANO, 2008).

A partir de suas definições e divisões é possível identificar os elementos que a formam, como os rios (rede de drenagem), os divisores de bacias e sua foz. O funcionamento de cada um varia com as características físicas e sociais que a área analisada apresenta, como a litologia, o relevo e a ocupação; do mesmo modo “a forma das bacias hidrográficas pode influenciar o comportamento hidrológico da rede hidrográfica, bem como indicar processos de rearranjo espacial da drenagem, entre outros” (MAGALHÃES JÚNIOR e BARROS, 2020, p.51).

Christofolletti (1980) classifica as bacias de drenagem de acordo com o escoamento global, ou seja, pela direção de fluxo da água, as quais são: exorreicas, endorreicas, criptorreicas e arreicas. As exorreicas são as mais comuns e caracterizam-se pelo seu exutório ser no oceano, no Brasil é a classificação dominante quando se considera as maiores bacias hidrográficas do país. As drenagens endorreica e criptorreica são caracterizadas por serem atuantes em áreas continentais, onde a segunda alterna segmentos de drenagem na superfície e em outros segmentos subterrâneos. A drenagem arreica tem como característica a desorganização/indefinição de sua rede hidrográfica.

Uma outra classificação muito utilizada nas bacias hidrográficas é quanto ao padrão da rede de drenagem, que diz muito a respeito do contexto geológico-estrutural e da história geomorfológica da bacia. Christofolletti (1980) apresenta seis tipos básicos de rede de drenagem que obedecem a quesitos como afluentes com ângulo agudo em relação ao rio coletor (dendrítica), rios principais correndo paralelamente (treliça), aspecto ortogonal dos seus cursos (retangular), escoamento de grande maioria dos rios de uma área no mesmo sentido (paralela), escoamento partindo de um ponto central ou vertendo para um ponto central em forma de círculo (radial) e áreas dômicas profundamente entalhadas (anelar).

A rede de drenagem e a hierarquia fluvial são conceitos que estão interligados, pois ambos se relacionam com a distribuição espacial dos cursos d'água na bacia hidrográfica. A rede de drenagem ou rede hidrográfica “constitui o sistema de canais para o transporte de água e sedimento formado pelo rio principal e seus tributários que drena uma determinada área” (STEVANUX E LATRUBESSE, 2017, p.57).

A hierarquia fluvial visa a organização dos canais fluviais e de acordo com o método de Horton (1945), modificado por Straller (1952), essa hierarquização é feita a partir de canais sem tributários, identificados como de ordem 1 que pode se juntar rios de

ordem igual, inferior ou superior até sua foz. Cunha (1994) e Christofolletti (1980) citam a importância da ordenação dos canais fluviais na interpretação das análises morfométricas (análise areal, linear e hipsométrica) de uma bacia hidrográfica.

O conjunto dos canais fluviais é um dos responsáveis pelo processo de esculturação do relevo, além de ser modificador de si mesmo em processos que originam ou eliminam formas fluviais. Um exemplo são as barras laterais que se formam e se modificam de acordo com as variações de topografia, fluxo, composição sedimentar das margens, velocidade de fluxo, entre outros fatores.

O perfil longitudinal reflete o estado de equilíbrio ou de desequilíbrio do canal com suas variáveis determinantes, sendo também importante para o processo de classificação de um rio ao longo de seu comprimento, haja vista que há áreas heterogêneas em relação às variáveis (aumento da vazão, da carga sedimentar total, diminuição do tamanho médio das partículas e da quantidade de sedimentos transportados) que controlam os padrões de canais por onde o curso hídrico faz o seu caminho (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017; KONDOLF e PIÉGAY, 2003; SILVA, 2012).

#### **4.2 PADRÃO DE CANAL**

Os estudos fluviais são um dos ramos mais discutidos dentro da geomorfologia e por isso apresenta um referencial teórico amplo, mesmo que muitas vezes essas pesquisas se encontrem mal distribuídas entre as diferentes regiões do globo. Quanto à classificação dos rios e suas formas, há vários autores que distinguem os corpos hídricos de acordo com o grau de importância de uma ou outra variável ou com o objetivo da pesquisa. Silva (2012) cita em seu trabalho seis tipos de classificações para os canais: classificações baseadas em processos, em características dos canais, em potência do fluxo, classificações hierárquicas, classificação geomorfológica para gerenciamento e zoneamento longitudinal.

Conforme Leopold, Wolman e Miller (1964, p.198) e Magalhães Júnior e Barros (2020) o padrão de canal pode ser compreendido a partir do regime fluvial espaço-temporal (em função do fluxo), do balanço de energia (em função da topografia), da quantidade e da característica do sedimento em movimento através da seção e do caráter ou composição dos materiais que constituem o leito ou margens do canal (em função da

litologia); ressaltasse que o rio está sempre em busca de seu equilíbrio, ou seja, tais variáveis estão em constante interação e alteração.

Neste trabalho utilizou-se a classificação proposta por Stevaux (2017), onde se divide os leitos a partir de uma classificação bidimensional (morfologia plana) com uma descrição mais simples e de fácil identificação, as quais são: padrão de canal único e padrão multicanal. Os canais retos, meandantes e entrelaçados possuem apenas um canal estável, enquanto o padrão anastomosado é formado por dois ou mais canais.

Os rios meandantes são caracterizados por curvas com índices elevados de sinuosidade ( $> 1,5$ ) ao longo do seu percurso, formadas principalmente em áreas com baixo gradiente. Além disso, de acordo com Cunha (1994) é essencial para o desenvolvimento dos canais meândricos a presença de camadas sedimentares de granulação móvel, coerentes, firmes e não soltas; fluxos contínuos e regulares; cargas de fundo e em suspensão em valores mais ou menos equivalentes.

As margens dos rios meândricos são geralmente coesas e estáveis, o que está relacionado à maior presença de sedimentos argilosos em detrimento de sedimentos arenosos, o que facilita a configuração em meandros, assim como também a velocidade de fluxo que é maior em margens côncavas e menor em margens convexas, ditando o ritmo de erosão e deposição nesses ambientes (MAGALHÃES JÚNIOR e BARROS, 2020).

Os rios meândricos não são homogêneos quando se pensa em uma classificação morfológica para eles, existindo os trechos com meandros regulares, meandros irregulares e meandros tortuosos; essas diferenças podem ser explicadas pelas diferenças de sinuosidades entre os meandros, que por sua vez ocorre em virtude, por exemplo, do tamanho do canal (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017). Ainda é possível distinguir os tipos de curvas meândricas de acordo com Brice (1973, 1974) *apud* Christofolletti (1981) a partir do critério matemático de arcos de círculo em: a) curvas simples simétricas, b) curvas simples assimétricas e, c) curvas compostas.

Eles são responsáveis por originar importantes formas fluviais na planície de inundação, como lagos e depósitos sedimentares com características próprias de acordo com as variáveis ambientais da área onde o curso hídrico encontra-se, além de outros aspectos morfológicos próprios dos rios meândricos, como os meandros abandonados,

diques semicirculares, colo de meandro, faixa e meandro, banco de solapamento e bancos dentrícos (*point bars*) (FLORENZANO, 2008; CHRISTOFOLETTI, 1981).

Considerados raros na natureza e muitas vezes associados a controles litroestruturais, os rios retilíneos sequer são considerados um tipo de padrão fluvial em termos de processo (MAGALHÃES JÚNIOR e BARROS, 2020). Se desenvolvidos com ausência de controle estrutural origina-se morfologias aluvionares que podem auxiliar no surgimento de rios sinuosos e depois meandrantas (SILVA, 2012).

Uma observação importante apontada por Christofolotti (1980) é que o talvegue de rios retos serpenteia de uma margem a outra, o que difere das próprias margens que permanecem retilíneas. Outra característica é que o fluxo desses cursos d'água também não obedecem a um caminho retilíneo, o que pode ser explicado tanto por bancos de areia no leito quanto pela variação de seu talvegue (LEOPOLD, WOLMAM E MILLER, 1964).

O padrão entrelaçado diferencia-se do padrão anastomosado, entre outros fatores, pela presença de barras arenosas e cascalhosas em vez das ilhas que caracterizam o segundo. Isso ocorre em consequência do material sedimentar característico das regiões onde ocorrem tais canais serem abundantes em cascalho e areia (STEVAUX e LATRUBESSE (2020), o que acaba por necessitar de maior energia de um corpo hídrico que muitas vezes não possui, ocasionando a manutenção do material no leito do rio.

A instabilidade das barras forma canais largos e rasos que orientam, mas que também estão sujeitas as variações de fluxo, estes que interferem diretamente no desenvolvimento de sub-canais (SILVA, 2012; KONDOLF e PIÉGAY (2003). Conforme Leopold, Wolmam e Miller (1964) esse padrão de canal não necessariamente está “sobrecarregado”, mas sim em um estado de equilíbrio temporário em resposta aos ajustes de suas variáveis.

Estudos com canais anastomosados ainda são incomuns se comparado aos demais, apesar de que houve grande avanço em suas tentativas de classificação, deixando de ser um tipo de canal entrelaçado (Leopold, Wolmam e Miller, 1964) para ser um padrão com suas próprias características, inclusive, sendo substituído em muitas literaturas o termo anastomosado por padrão multicanal ou *anabraching* (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017; KONDOLF e PIÉGAY, 2003).

Conforme Cunha (1994), os canais anastomosados estão relacionados a ambientes com grande disponibilidade de carga de leito, à variabilidade do regime fluvial e à topografia acentuada. No entanto, os pesquisadores dessa área ainda não chegaram a um consenso universal sobre esses parâmetros, uma vez que mesmo em trabalhos recentes é possível encontrar classificações que abarcam novas variáveis para o seu processo de formação.

O padrão anastomosado, ou multicanal, é reconhecido pelas enormes ilhas que separam entre si os seus canais, sendo encontrados nos mais diversos ambientes, de regiões subárticas à semiáridas do planeta, tendo como exemplo o Rio Amazonas, o Rio Congo e o Rio Orinoco (STEVAUX E LATRUBESSE, 2017). A literatura apresenta dois fatores que são inerentes a esses ambientes, que são a estabilidade das margens e o grande volume de carga, sendo esse último responsável pelos processos de avulsões fluvial que ocorrem neste canal (CUNHA, 2007; STEVAUX e LATRUBESSE, 2017; MAGALHÃES JÚNIOR e BARROS, 2020).

#### **4.3 PLANÍCIE FLUVIAL**

A deposição em ambientes fluviais pode formar três zonas distintas: deposições encontradas no leito do canal, representada por formas como as barras de canais e ilhas fluviais; por outro lado existem as formas originadas a partir da deposição em planícies de inundação, como os diques marginais e os lagos de meandros abandonados e; os níveis deposicionais inativos, que incluem os terraços. Os processos erosivos e deposicionais são os principais responsáveis por essa dinâmica que ocorre na interface entre a calha do canal e as planícies (FLORENZANO, 2008; MAGALHÃES JÚNIOR E BARROS, 2020).

Os ambientes fluviais possuem uma dinâmica única que se relaciona a fatores como as escalas temporais e espaciais, dimensões dos cursos d'água e histórico de ocupação. Os padrões de canais dos rios também se distinguem quanto à formação e identificação das planícies fluviais, sendo que o padrão anastomosado é de difícil identificação e alta e rápida transformação de suas formas; ao contrário destes, os canais meândricos possuem formas mais estáveis e uma ampla área de planície com maior precisão na identificação (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Questão central deste trabalho, a planície fluvial é definida por Magalhães Júnior e Barros (2020, p.263) como “uma forma deposicional ativa no período atual, sendo gerada pela sedimentação aluvial durante os períodos de inundação das margens”. Contudo, essas áreas apresentam características que podem variar de acordo com as condições hidrológicas atuais e mesmo da carga sedimentar que o rio está transportando, o que torna esses ambientes, muitas vezes, de difícil distinção quando se utiliza somente critérios hidrológicos (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017).

Os processos morfogenéticos e de sedimentação atuam na formação da planície de inundação, que é constituída por sedimentos que tendem a serem mais finos, aumentando sua granulometria no sentido do canal; e que são transportados em suspensão depois do extravasamento e depositados no período de vazante (MAGALHÃES JÚNIOR e BARROS, 2020). É importante mencionar que o microrelevo encontrado nesse ambiente ocorre em função do conjunto de variáveis que o forma e dos seus processos (acrecção lateral e migração lateral), podendo ainda sofrer impacto da ocupação antrópica das planícies.

As formas fluviais das planícies de inundação estão diretamente ligadas ao tipo de padrão de canal, como por exemplo, as barras fluviais são as formas dominantes em canais entrelaçados. Contudo, algumas formas são discutidas dentro de um contexto mais geral das planícies de inundação por Stevaux e Latrubesse (2017) e que são recorrentes em mais de um padrão de canal, as quais são os diques marginais, os canais e leques de rompimento, a bacia de inundação, os lagos, lagoas e pântanos, além de canais secundários.

Os rios meândricos possuem uma literatura bem mais robusta sobre os seus processos do que os demais padrões de rios e conseqüentemente também possuem formas mais estudadas e difundidas. De acordo com Silva (2012), as principais morfologias das planícies meândricas são os diques, os meandros abandonados, as cicatrizes de meandro, as barras de ponta, os depósitos de rompimento de diques, os ladaçais, os *Undercut Bank* e os *Yazoo Tributary*.

Além de estarem em contínua evolução, as formas de planícies em canais meândricos também são importantes para a dinâmica fluvial local, pois elas interferem em processos que antes não ocorriam conferindo-lhes nova dinâmica, como por exemplo, através da formação das lagoas depois do recorte dos pedúnculos. Adamy (2016) também

pontua que a velocidade de fluxo e vazão são variáveis chaves no modelamento dessas formas fluviais, com o adendo de que elas variam de acordo com a sazonalidade climática.

As planícies fluviais sofreram com grandes alterações de suas formas ao longo do tempo devido aos processos de urbanização e industrialização da sociedade, que através de aterros, terraplanagens e obras hidráulicas ocuparam vastas áreas de planícies, como pode ser observado nos trechos urbanos de grandes rios do planeta, a saber os rios Sena, Tâmis e Tietê.

#### **4.4 FEIÇÕES FLUVIAIS**

As singularidades de cada ambiente formam paisagens complexas e únicas, ocasionadas por fatores exógenos e endógenos. As feições fluviais derivam da fluvimetria, da carga sedimentar, da inclinação do vale, da velocidade de fluxo e demais variáveis observadas nos canais fluviais e suas planícies. Essas variáveis também contribuem para os ajustes dos canais por migração lateral, desenvolvimento de curvas de meandro, retrabalhamento de barras e o deslocamento do canal para o um novo curso (avulsão) (CHARLTON, 2008).

O padrão de canal controla o gradiente local do córrego, afeta a estrutura tridimensional do fluxo dentro das margens do canal e, através destes, influencia a gama de feições e sedimentos deposicionais e erosivos, apresentando-se como um diagnóstico do tipo de processo de canal presente no sistema fluvial naquele ponto; por exemplo, um canal trançado é indicativo de altas taxas de transporte de sedimentos e armazenamento em certo ponto do rio (SEAR, NEWSON E THORNE, 2009; HUGGETT, 2007).

As formas associadas aos ambientes fluviais podem ser agrupadas em duas classes: formas características de deposição no leito e na margem; e formas fluviais na planície aluvial. Em seguida é apresentado os processos e características das principais feições fluviais discutidas na literatura de acordo com Leopold, Wolman e Miller (1964), Christofletti (1980), Kondolf e Piégay (2003), Huggett (2007), Charlton (2008), Sear, Newson e Thorne (2009) e Summerfield (2013).

##### **4.4.1 FORMAS CARACTERÍSTICAS DE SEDIMENTAÇÃO NO LEITO E NA MARGEM**

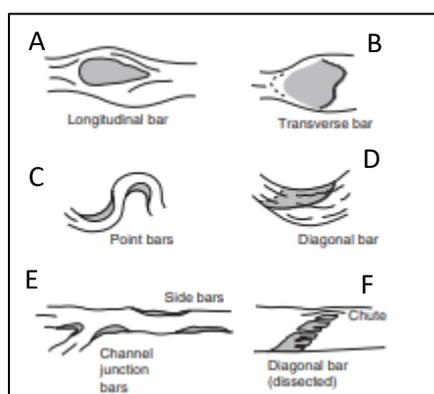
A seguir serão apresentadas as feições fluviais com formações associadas a presença de sedimentos no leito e na margem do corpo hídrico.

**Barras e ilhas (Figura 09):** as ilhas são vegetadas e apresentam vida relativamente longa, enquanto as barras são menos estáveis, sendo compostas por areias ou cascalhos não vegetados, que são muitas vezes submersas em alta vazão. À medida que a descarga diminui após um pico de cheia, a carga de fundo grosseira é a primeira a ser depositada no canal. Este material forma o núcleo de barras que crescem a jusante à medida que a velocidade do fluxo é reduzida e sedimentos mais finos se acumulam. Com a diminuição da vazão, o nível da água cai progressivamente e as barras são gradualmente expostas. Esse processo origina alguns tipos de barras, como as alongadas, as transversais, as barras diagonais, as barras mediais e as barras laterais.

**Barras pontuais ou bancos côncavos (Figura 09):** essas feições são associadas aos canais sinuosos e se formam no interior das curvas de meandro como resultado dos padrões de fluxo secundários que estão associados ao fluxo em canais meandrantés.

**Bancos:** os bancos são feições deposicionais de topo plano, alongadas, que se formam ao longo de uma ou ambas as margens dos canais. Eles são normalmente encontrados no interior de curvas e ao longo de trechos retos, e têm altura intermediária entre o nível do leito do canal e a planície de inundação. Em canais de leito rochoso e de leito de pedregulhos, uma berma de pedregulhos (banco composto de pedregulhos) pode se formar na borda do canal. Os bancos são associados a frequências de vazão diferentes.

**Figura 09 -** Exemplos de barras existentes na literatura: (A) barra longitudinal, (B) Barra Transversal, (C) Barras de Pontal, (D) Barra Diagonal (E) Barras laterais e (F) Barras diagonais dissecadas.



**Fonte:** Adaptado de CHARLTON (2008).

#### 4.4.2 FORMAS FLUVIAIS NA PLANÍCIE ALUVIAL

Abaixo são apresentadas as feições formadas a partir de processos de erosão e deposição na planície fluvial.

**Diques:** são cristas paralelas à calha do rio e que podem atingir uma altura de vários metros acima do nível geral da planície de inundação. Quando a descarga é excedida, a água começa a se espalhar rapidamente pela planície de inundação. A diminuição da profundidade em relação ao canal do rio reduz rapidamente a competência do fluxo e a fração mais grosseira da carga suspensa é prontamente depositada para formar diques.

**Fendas ou sulcos transversais:** a presença de diques afeta o movimento das águas de inundação, uma vez que a descarga do banco é excedida. Inicialmente, a água é represada por diques, mas à medida que o nível sobe, ela rompe formando fendas. O fluxo acelerado através das fendas é capaz de transportar uma carga suspensa relativamente grossa que é rapidamente depositada à medida que o fluxo se dispersa para formar depósitos em forma de leque na zona do pântano além da barreira do dique.

**Pântanos:** quando os diques são ultrapassados, a água pode entrar na área mais baixa do outro lado do dique. Esta pode ser uma depressão ou uma área de pântano caracterizada por vegetação de pântano.

**Canais de inundação:** os canais de inundação são canais relativamente retos que ignoram o canal principal. Eles têm uma profundidade menor do que o canal principal e ficam secos a maior parte do tempo, só se enchendo de água à medida que o fluxo se aproxima da margem.

**Barras de rolagem sinuosas:** depressões e elevações no lado convexo das curvas formadas à medida que o canal migrava lateralmente para baixo do vale e em direção à margem côncava.

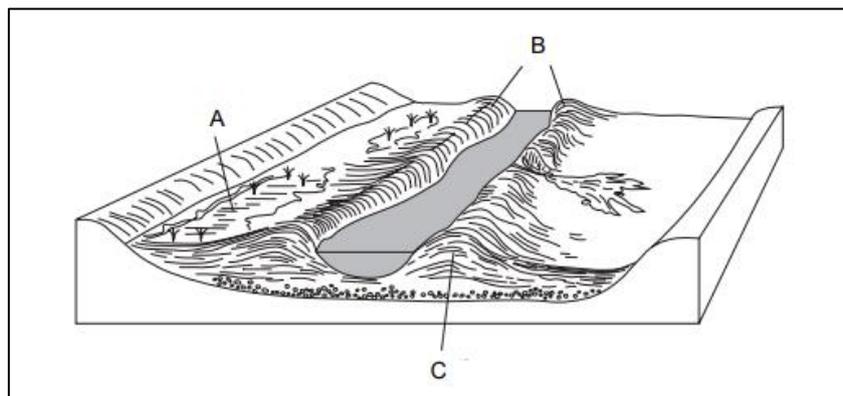
**Meandro abandonado:** são os trechos que não possuem mais ligação direta com o curso d'água, resultantes da evolução dos meandros que cortam o pedúnculo através do solapamento basal na margem côncava.

**Lagoas (*oxbow lake*):** um pequeno lago em forma de meia-lua que ocupa uma curva de meandro abandonado.

**Paleocanais:** são seções mais longas de um canal abandonado. Assim como os canais ativos, os paleocanais exibem uma ampla gama de formas de plano diferentes.

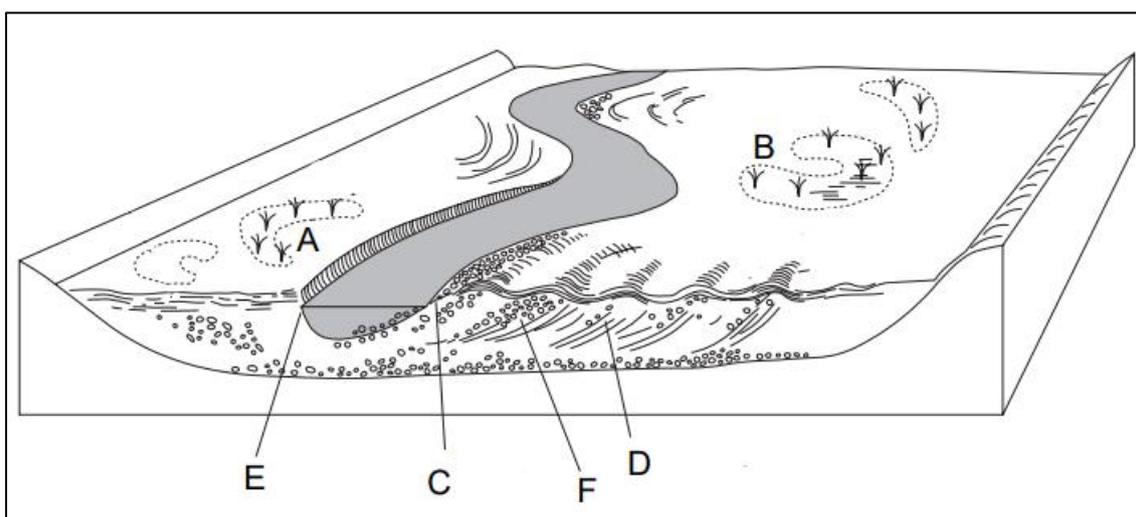
Essas feições são representadas abaixo (Figuras 10 e 11) conforme o tipo de ambiente característico em que são encontradas.

**Figura 10** - Feições características da planície aluvial: (A) Pântano, (B) Diques marginais e (C) Depósitos de acreção vertical.



Fonte: Adaptado de CHARLTON (2008).

**Figura 11** - Feições características da planície aluvial: (A) meandro abandonado (B) lago marginal (*oxbow lake*), (C) Bancos côncavos, (D) Depósitos de acreção lateral, (E) Margem erodida e (F) Depósitos de acreção lateral.



Fonte: Adaptado de CHARLTON (2008)

A escala espacial é um fator determinante na análise dessas formas em distintos rios, haja vista que em canais menores os depósitos das planícies de inundação estão sujeitos à rápida remoção e alteração (LEOPOLD, WOLMAN E MILLER, 1964). Por isso, é imprescindível o estudo dos controles locais que variam entre os tipos de rio, compreender a causa e a magnitude das mudanças na carga de sedimentos no local do projeto, avaliar a morfologia adequada associada a uma determinada mudança na carga

de sedimentos e entender a ligação entre forma e processo (SEAR, NEWSON e THORNE, 2009).

#### **4.5 TÉCNICAS APLICADAS A IDENTIFICAÇÃO DE PROCESSOS E FORMAS FLUVIAIS**

Em 1964, Leopold, Wolman e Miller já preconizavam grandes mudanças no mapeamento geomorfológico, principalmente por meio das técnicas de estatística e outras técnicas analíticas gerando “uma nova era de descobertas”. E de fato foi o que aconteceu, com o advento do Sensoriamento Remoto, das melhorias no *Global Navigation Satellite System (GNSS)*, do desenvolvimento dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), dos Modelos Digitais de Terreno (MDTs), do Geoprocessamento de uma forma em geral, entre outros fatores, contribuíram para que os métodos de mapeamento do relevo adquirissem um novo status na contemporaneidade.

Entre as décadas de 1980 e 2000, os métodos de mapeamento do relevo no Brasil ganharam novas perspectivas, com destaque para o desenvolvimento do Projeto RADAM Brasil, que apresentou um sistema de legenda mais aberto e flexível em comparação aos anteriores; o desenvolvimento do Sistema para Processamento de Informações Geográficas (SPRING) pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) também foi um ponto de destaque no cenário nacional (FLORENZANO, 2008; CAMARA E DAVIS, 2001).

O mapeamento geomorfológico, de forma geral, está relacionado a um grupo de técnicas de avaliação do terreno, empregadas para registrar sistematicamente a forma (ou morfologia), os relevos, os processos de formação da paisagem e os materiais que constituem a superfície da Terra (GOUDIE, 2014). Através de diferentes meios, tais como o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informação Geográfica, a identificação e a classificação das feições do relevo contribuem significativamente para programas de gestão ambiental (HUGGETT, 2007), assim como também auxilia no entendimento da conformação da paisagem.

Na geomorfologia fluvial, os métodos tiveram grandes avanços tecnológicos nas últimas décadas, em virtude de melhores condições de coleta de dados, assim como a diversificação de ferramentas de análise (CHARLTON, 2008; SEAR, NEWSON e THORNE, 2009; KONDOLF e PIÉGAY, 2003). Entre as técnicas de análise espacial mais difundidas nos estudos em ambientes fluviais estão os mapeamentos topográficos,

vetorização de formas fluviais e análise sedimentar. Alguns fatores influenciam na escolha dessas técnicas, incluindo a largura e o tamanho do rio estudado, a dinamicidade das cheias e as resoluções espaciais e temporais disponíveis.

Conforme Charlton (2008), os dados topográficos de alta resolução podem ser obtidos usando sensores de altimetria a laser, como o *Light Detection and Ranging* (LIDAR), um sensor ativo que contribui, por exemplo, com o mapeamento detalhado da topografia da planície de inundação. Outro exemplo é o trabalho desenvolvido por Silva (2012), o qual identifica formas, processos e materiais na Bacia Hidrográfica do Rio Xingu, através de dados da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM).

Para Kondolf e Piégay (2003), o sensoriamento remoto apresenta inúmeras vantagens frente aos métodos tradicionais de coleta de dados cartográficos e baseados em campo. Incluem-se a melhor resolução espacial e temporal, armazenamento de dados em formato digital e a captação de alvos com características que são imperceptíveis ao olho humano e ao nível de terreno.

Em consonância com as tecnologias cada vez mais inovadoras, o real potencial da aplicação de dados de sensoriamento remoto à pesquisa fluvial só pode ser realizado se métodos baseados em campo forem usados adequadamente. Com isso, as análises de campo aliadas aos dados de sensoriamento remoto podem potencialmente ser usadas para fornecer informações sobre hidrologia, processos fluviais, formas fluviais e variabilidade espacial e temporal no uso da terra na bacia hidrográfica (KONDOLF e PIÉGAY, 2003; CHARLTON, 2008).

Conforme Kondolf e Piégay (2003) os rios podem ser classificados em pequenos (< 20 m de largura), médios (20-200 m de largura) e grandes (> 200 m de largura). Essa distinção é importante para aplicação adequada das ferramentas de Sensoriamento Remoto e posteriormente os Sistemas de Informação Geográfica, haja vista que as escalas espaciais e temporais devem estar de acordo com as especificações dos produtos a serem processados.

Para os rios menores, pesquisas de campo diretas são muitas vezes mais apropriadas do que o uso de fotografia aérea ou de técnicas de sensoriamento remoto por satélite; enquanto que para rios médios e grandes e a rede de drenagem, as fotografias aéreas de pequena escala são úteis. Fotografias tiradas em altitudes mais baixas cobrem uma área menor com mais detalhes, do mesmo modo que as imagens de satélite com alta

resolução espacial, permitem que as mudanças ao longo de trechos individuais sejam examinadas com mais assertividade (CHARLTON, 2008).

Os métodos mencionados acima são aplicados na identificação do padrão de canal (SILVA, 2012), dimensões da planície de inundação (ROCHA e COMUNELLO, 2011) e tamanho, forma e composição sedimentológica de barras (DEARMA e JAMES, 2019). É importante frisar que as informações geradas podem ser tanto de ordem qualitativa como quantitativa.

Quantos às formas fluviais do relevo, incluindo lagos marginais, diques e barras de rolagem, que estão presentes nas planícies de inundação, resultando em um complexo mosaico de formas topográficas modeladas por processos agradacionais e degradacionais, é importante considerar as características espectrais do ambiente fluvial e a natureza e escala do problema geomórfico sob investigação.

Algumas observações devem ser feitas quanto ao regime fluvial do período em que as imagens foram captadas. Quando se compara imagens de períodos distintos do ano, é necessário lembrar que grandes mudanças entre as datas alteram os ciclos de erosão e acréscimo, e talvez os canais estejam apenas em processo de inversão da sua posição apenas para retornar ao curso original em uma data posterior (KONDOLF e PIÉGAY, 2003).

## **5. OCUPAÇÃO DO SOLO DA BACIA HIDROGÁFICA DO RIACHO DOS BOSQUES**

O uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques é caracterizado por áreas urbanas em seu alto curso, onde é possível observar o destaque para as habitações voltadas para o turismo, como inúmeras pousadas e resorts que revelam o recebimento de pessoas de classes economicamente mais abastardas (Figura 12). Por outro lado, há também bairros que concentram uma população menos desenvolvida economicamente que sofre com o processo de especulação imobiliária que acarreta em expulsão da população residente visando novas construções voltadas para o turismo (Figura 13).

**Figura 113-** Construções voltadas para a atividade turística no alto curso da Bacia do Riacho dos Bosques.



**Fonte:** Acervo da Pesquisa (2021).

**Figura 114 -** Moradias Unifamiliar



**Fonte:** Acervo da Pesquisa (2021).

Outra característica da área é a grande quantidade de obras privadas em andamento que são identificadas na porção noroeste da bacia e, preocupante, se torna o fato de que tais atividades estão localizadas em áreas de preservação permanente, que deveriam se manter virgens de qualquer tipo de ocupação conforme o Novo Código Florestal (Figuras 14 e 15). Ademais, as ocupações mais antigas também estão em desacordo com a mesma lei.

**Figura 14** – Exemplos de atividade da construção civil na área de estudo.



**Fonte:** Acervo da Pesquisa (2021).

**Figura 115** - Construções em área de Área de Preservação Permanente no Rio Preguiças próximo à área do alto curso do Riacho dos Bosques.



**Fonte:** Acervo da Pesquisa (2021).

O alto curso é a zona mais ocupada da Bacia do Riacho dos Bosques, e por isso a preocupação na interferência antrópica sobre suas nascentes que se encontram em meio a uma estrutura urbana já consolidada e que tem tendência de crescimento muito grande devido a especulação imobiliária da região. Atrelado a isso também existe a problemática da fragilidade natural dos solos da região, que são bem mais propensos a processos erosivos com a ocupação desordenada.

As áreas de divisores de bacia da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques se apresentam complicadas para a gestão dessa bacia, pois além de apresentar irrisória variação de declividade, essas regiões são alvos de uso para atividades que põem em risco a qualidade ambiental da bacia. Por exemplo, existem quatro tanques de esgoto (Figura 16) nesta situação, que ainda representa perigo maior por estarem próximos a lagos que possuem sua extensão aumentada no período chuvoso.

**Figura 116** - Vista de tanques de esgotos localizado em área de divisor de bacia do Riacho dos Bosques.



**Fonte:** Acervo da Pesquisa (2021).

O médio e baixo curso da bacia do Riacho dos Bosques ainda conserva grande parte de sua área preservada (Figura 17), muito em virtude do acesso que não é fácil, pois a maior parte área fica alagada no período chuvoso, tornando difícil caminhar ou dirigir automóveis pelo local, que é acessado nesse período somente através de pequenas embarcações. Contudo o avanço da ocupação já é evidente através do aumento das áreas rurais, o que pode ser explicado também pela oferta de água na região.

Um perigo para a região são as estradas vicinais e a MA- 315 (Figura 18), que inclusive passou por processo de remodelação recentemente e cada vez mais aumenta o seu fluxo. Como é recorrente com a criação de estradas, a ocupação das áreas de seu entorno são consequências imediatas, e isso acontece com clareza na área da bacia dos Bosques, ocasionando o aumento da população e das atividades potencialmente impactantes a dinâmica fluvial do baixo e médio curso.

**Figura 118** - Área preservada no médio curso da Bacia do Riacho dos Bosques



**Fonte:** Acervo da Pesquisa (2021).

**Figura 117** - A MA-315 corta a bacia dos Bosques no sentido Oeste-Leste.



**Fonte:** Acervo da Pesquisa (2021).

As áreas destinadas a agricultura são variáveis únicas na alteração da ocupação, principalmente quando é feita sem o emprego de métodos adequados a preservação do solo. As atividades agrícolas identificadas na bacia são marcadas por métodos tradicionais de cultivo, que envolve a queima da vegetação (Figura 19) e o plantio direto, que favorece o processo de erosão do solo desnudo.

**Figura 119** - Área agrícola (mandioca) na bacia do Riacho dos Bosques.



**Fonte:** Acervo da Pesquisa (2021).

Além de grande parte da bacia se encontrar cercada (Figura 20), ocasião que acaba por “privatizar” bens públicos, como no caso do Riacho dos Bosques, observa-se muitas ocupações espontâneas por toda a área (Figura 21), que se distribuem de forma irregular e ocasionam a criação de novas vias de acesso a áreas antes mais resguardadas. Como será visto adiante o processo de ocupação, principalmente do médio curso do Riacho dos Bosques, está avançando gradualmente e são os usos e ocupações que foram expostos aqui que devem ser controlados para a manutenção do equilíbrio ambiental da bacia.

**Figura 20** - Cercas da região dificultam o acesso ao baixo curso do Riacho dos Bosques.



**Fonte:** Acervo da Pesquisa (2021).

**Figura 21** - Área de ocupação espontânea no médio curso da Bacia do Riacho dos Bosques.



**Fonte:** Acervo da Pesquisa (2021).

Através do mapeamento da bacia dos Bosques para os anos de 2005, 2013 e 2018 foi possível quantificar (Tabela 02) as alterações de uso e ocupação do solo nesse período. As classes abordadas levaram em consideração o cenário de ocupação da bacia para esse período de 13 anos e são as seguintes: Área Não Ocupada, Área Urbana, Área Úmida, Área Rural, Área Loteada e Água.

A classe de Área Não Ocupada representa locais onde a vegetação se encontra em estado de preservação, enquanto a Área Urbana é referida como a ausência dessa referida vegetação acrescida de aparelhos urbanos, como ruas pavimentadas. A Área Loteada caracteriza-se pela presença de ramais e delimitação de lotes sem registros de uso e/ou ocupação. A Área Rural representa os locais onde há uso e/ou ocupação fora da área urbana. A área onde se encontra a lâmina d'água no baixo, na qual há influência da maré foi denominada de Área Úmida.

**Tabela 02** - Valores das classes de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques (Anos de 2005, 2013 e 2018)

Classe	Área Km <sup>2</sup> (2005)	Área Km <sup>2</sup> (2013)	Área Km <sup>2</sup> (2018)
Área Não Ocupada	57,00	48,00	47,00
Área Urbana	1,0	3,8	4,0
Área Úmida	8,9	8,9	8,7
Área Rural	1,5	3,4	4,5
Área Loteada	0,15	3,8	4,1
Água	1,0	1,0	0,85

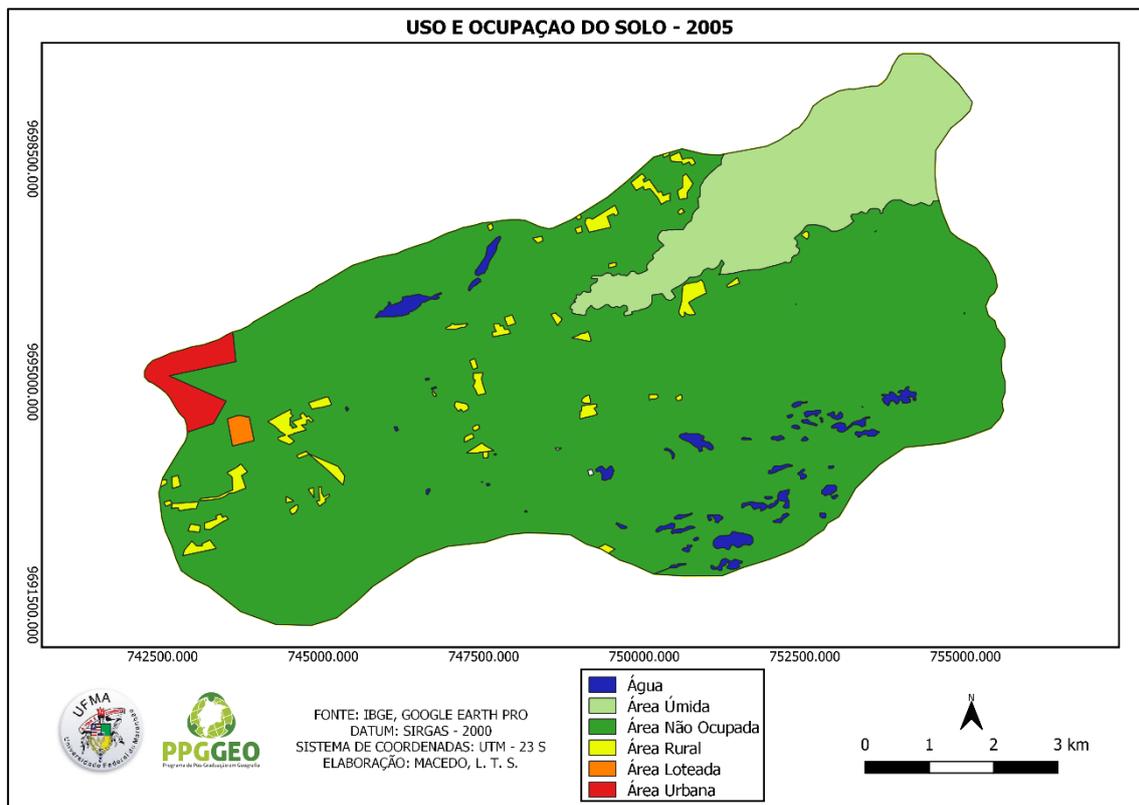
**Fonte:** Autoria própria (2022).

Apesar de os valores não serem de grandes variações é importante destacar que estamos discutindo uma bacia com dimensões pequenas e que a menor alteração em sua estrutura interfere nos processos naturais que nela ocorrem. Esses valores nos permitem identificar quais transformações na paisagem estão sendo feitas, como no caso da bacia dos Bosques que tem a conversão de suas áreas não ocupadas em áreas loteadas e urbanas, principalmente.

Como é possível analisar através dos dados e dos mapas abaixo (Figuras 22, 23 e 24), os loteamentos representam uma nova forma de organização espacial da região e que não constavam em 2005, indicando que na década seguinte foi que se iniciou a alterações mais significativas na paisagem. Pela espacialização dos loteamentos e sua

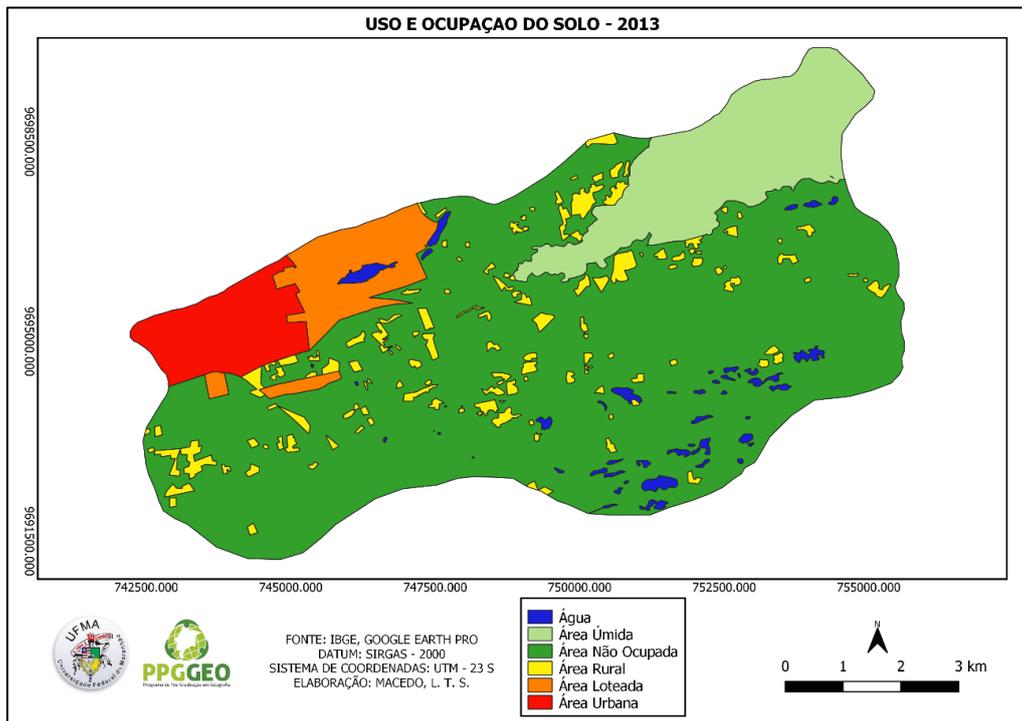
proximidade com a área urbana não é prematuro dizer que há um processo de urbanização acelerado do alto curso da bacia do Riacho dos Bosques. Fonte: Autoria própria (2022).

**Figura 22** - Mapa de uso e ocupação da Bacia do Riacho dos Bosques para o ano de 2005.



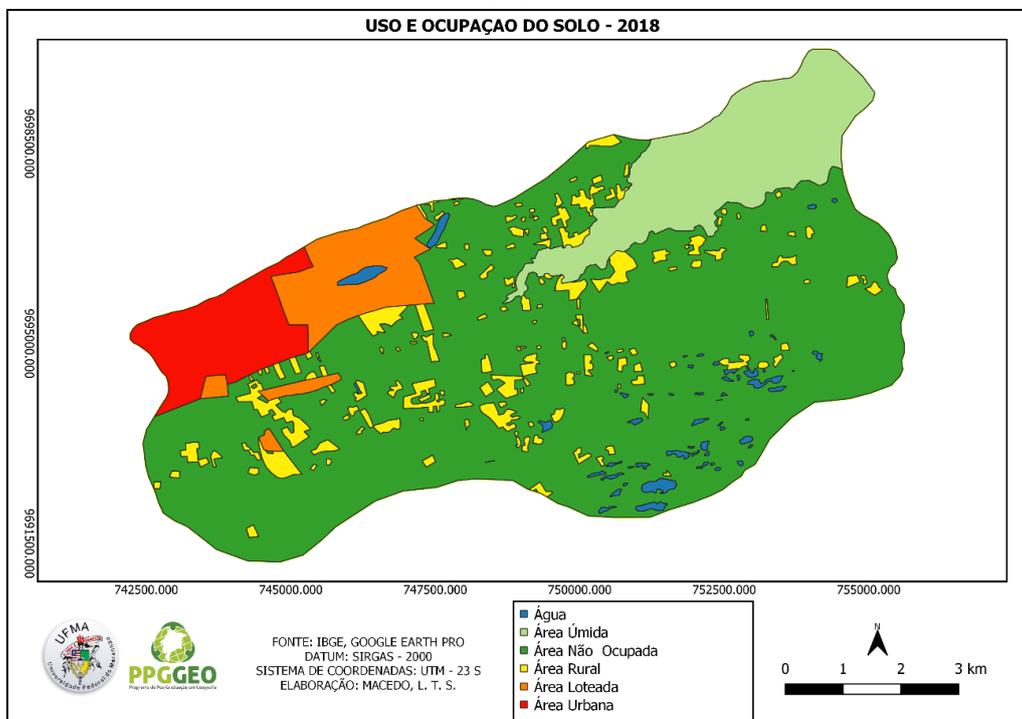
**Fonte:** Autoria própria (2022).

**Figura 23** - Mapa de uso e ocupação da Bacia do Riacho dos Bosques para o ano de 2013.



Fonte: Autoria própria (2022).

**Figura 224** - Mapa de uso e ocupação da Bacia do Riacho dos Bosques para o ano de 2018.



Fonte: Autoria própria (2022).

Outro detalhe importante é a manutenção da área úmida do baixo e médio curso, que é essencial para a dinâmica fluvial que a área apresenta, conservando tanto no período seco como no chuvoso uma importante área preservada. Contudo, apesar de não aumentarem significativamente de tamanho, as áreas rurais tiveram aumento no número de propriedades, inclusive, muito próximos a essas áreas naturalmente frágeis, o que pode indicar uma pressão maior da comunidade sobre esse ambiente.

## 6. MAPEAMENTO DAS FORMAS FLUVIAS DA BACIA DO RIACHO DOS BOSQUES

As principais feições fluviais identificadas na Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques e que foram alvos de aplicação do método de mapeamento proposto por Brierley et al. (2021) foram a planície fluvio-marinha, os meandros abandonados, as ilhas, as barras/bancos e as lagoas. Abaixo são apresentadas informações que controlam a dinâmica hidrogeomorfológica da área de estudo de forma geral; em seguida serão pontuadas por tópicos as principais feições e seus processos de descrição-explicação-previsão.

Uma variável importante para compreender os processos que ocorrem na planície de inundação é a predominância das vertentes convexas (com destaque para a margem esquerda) que agem como dispersores de água e sedimentos para a planície de inundação (Figura 25). Apesar da declividade da área não ser um fator de destaque, essa forma de encosta é também associada a problemas erosivos quando seu topo é plano e acumula água (GUERRA, 2007).

**Figura 25** - Vertentes Convexas no baixo curso do Riacho dos Bosques



Fonte: Acervo da Pesquisa (2022).

Outro *Input* interessante é que na foz do Riacho dos Bosques há a presença do ecossistema Manguezal (Figura 26), que tende a ser mais um fator a agir como uma barreira para a saída de sedimentos dessa bacia hidrográfica. Ao se levar em consideração que os sedimentos no Riacho dos Bosques são predominantemente de ambiente eólico (Costa, 2022), o mangue é mais um agente para a acumulação de sedimentos no baixo curso do Riacho dos Bosques.

**Figura 26** - Ecossistema Manguezal na área de estudo.

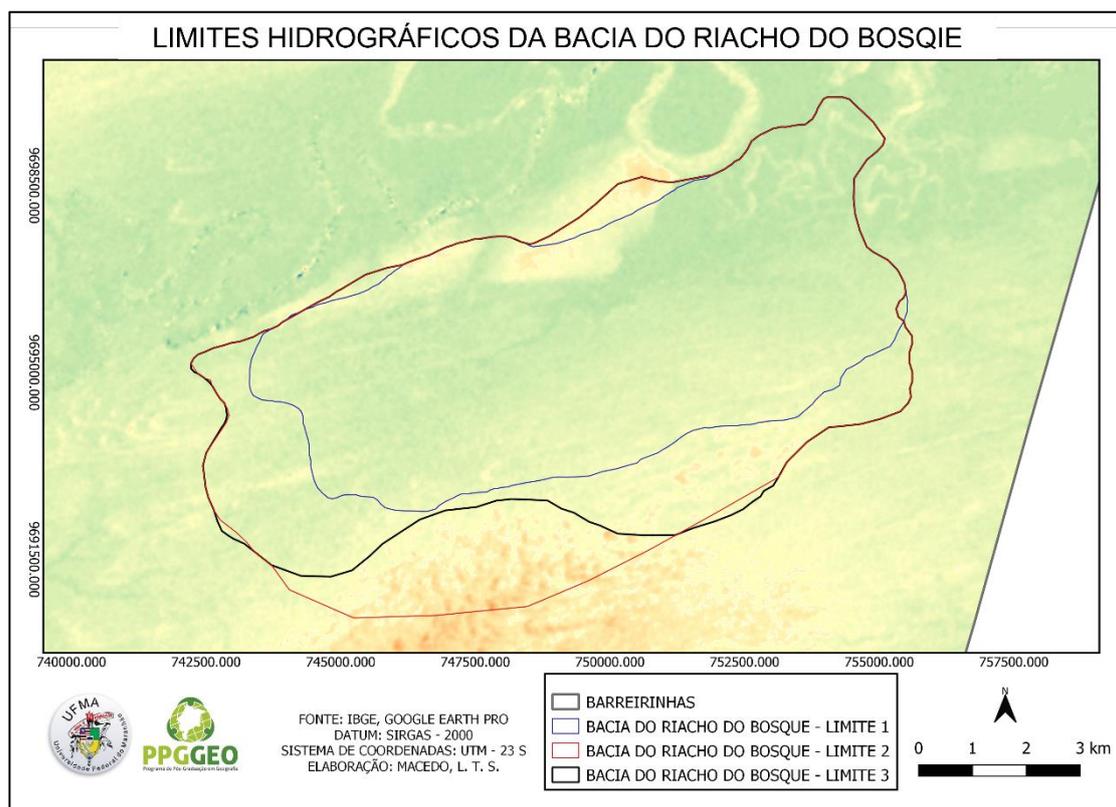


**Fonte:** Acervo da Pesquisa (2022).

As particularidades da região propiciam que a identificação do divisor da Bacia Hidrográfica seja uma ação complexa, em especial pelos seguintes fatores: o terreno plano e a conexão entre as lagoas. No primeiro ponto, a variação altimétrica da bacia não supera 30 metros, o que impossibilitou o uso dos dados *SRTM* na construção do mapa hipsométrico; por outro lado, o uso de dados altimétricos do Satélite *Alos Palsar*, que poderiam ter uma maior eficiência, apresentaram problemas técnicos negativamente afetando as cotas altimétricas.

A única utilidade dos produtos mencionados acima foi a identificação da pequena variação do relevo (Figura 27). Nessa representação, os três exemplos de delimitação de bacia foram desenvolvidos com o decorrer da pesquisa e a partir deles foi possível chegar a uma conclusão mais fidedigna possível com a realidade estudada.

**Figura 27** - Processo de delimitação da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques.



**Fonte:** Autoria própria (2022).

A segunda variável que dificultou o processo foi as muitas conexões entre os corpos hídricos nos períodos de cheia, sendo que conforme relatos dos moradores locais e das observações de campo, há exemplos de lagoas encontradas na região que direcionam seu fluxo para mais de uma bacia hidrográfica, e isso ocorre devido ao relevo suavemente ondulado e abaciado.

O limite 1 foi o primeiro a ser desenvolvido com base em carta topográfica e informações coletadas em laboratório previamente a primeira atividade de campo. Percebe-se que a maior dificuldade desse limite foi a distinção dos divisores em áreas com elevações um pouco superiores, como pode ser notado no sul do limite hidrográfico. As informações coletadas em campo, como registro de altitude com *GPS* foi essencial para alterar o limite 1.

Em decorrência das verificações da primeira excursão de campo, em especial após relatos da população, foram feitas alterações no arquivo vetorial e definido o limite 2. Como a primeira excursão à campo ficou mais restrita a sede municipal, a segunda pesquisa de campo foi a responsável por elucidar os limites mais distantes da sede da área

urbana, onde foram identificadas as possíveis nascentes do Riacho dos Bosques, assim como delimitou com maior precisão o limite 3, estabelecido como o final para este trabalho.

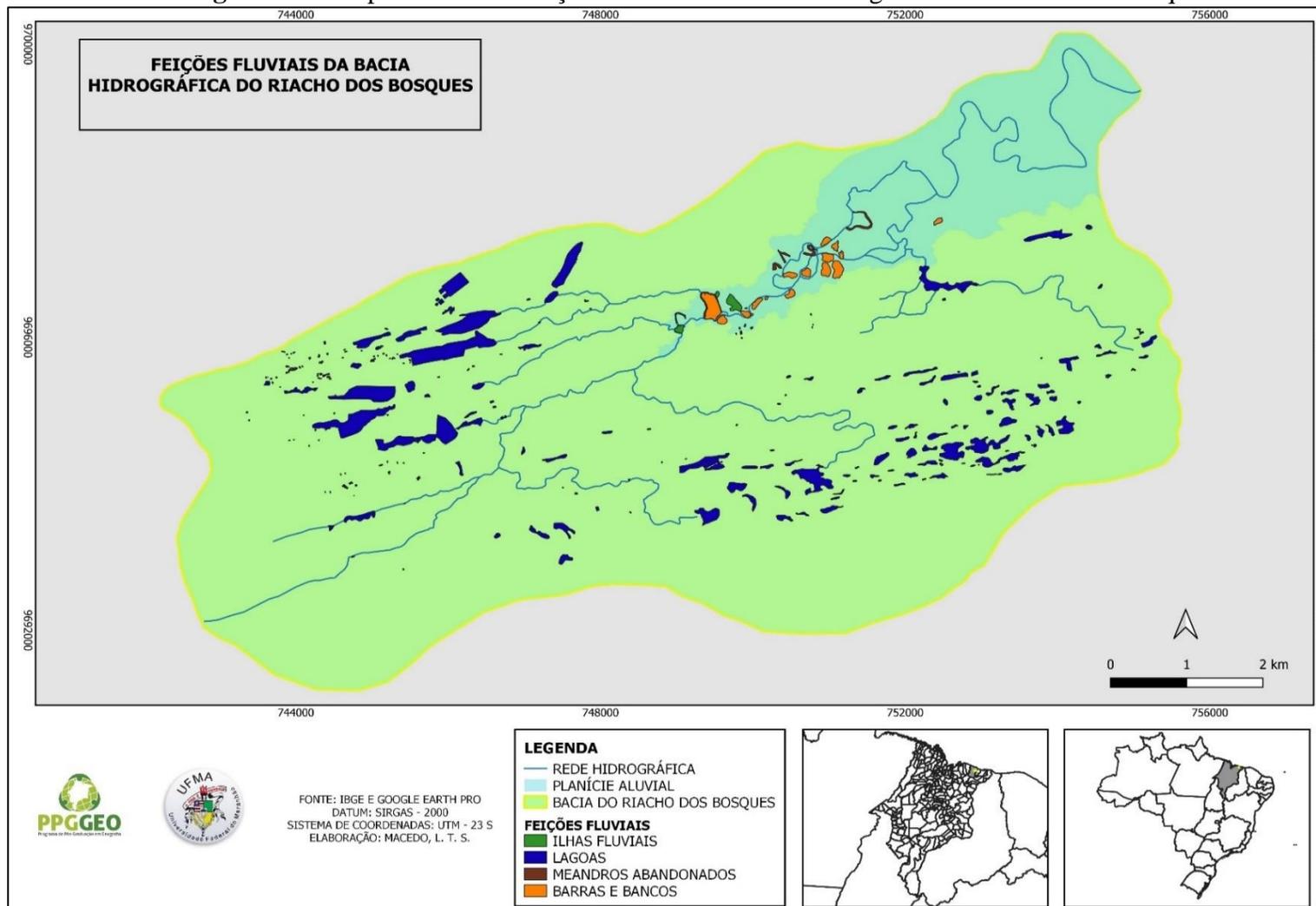
A análise proposta nesse trabalho deve ser discutida a partir de dois níveis hierárquicos: a escala da bacia (regional) e a escala do canal (local). Isso ocorre porque há fatores que distinguem a Bacia do Riacho dos Bosques em uma escala menor, por exemplo, o pacote sedimentar característico do Quaternário e de grande parte do Nordeste Maranhense; por outro lado, as formas fluviais respondem a estímulos próprios do ambiente hidrogeomorfológico da área, como o alcance da maré (Marçal e Lima, 2016).

Após as pontuações aqui apresentadas, fica evidente que por ser um sistema com paisagens conectadas as ações naturais ou antrópicas produzidas possuem a capacidade de se propagarem umas sobre as outras, trazendo com isso impactos sensíveis para a dinâmica hidrogeomorfológica a nível de bacia e a nível de feição.

Conforme relatos de campo, a planície fluvial do Riacho dos Bosques conserva como característica a capacidade de encher muito rapidamente, ao passo que também mantém essa velocidade quando em estado de vazante. Uma explicação para isso seria a ampla planície de inundação, que normalmente já age como ambiente atenuador das inundações (MAGALHÃES JÚNIOR, 2020), mas nesse caso o processo se relaciona com a abrupta diminuição da planície de inundação entre o baixo e médio curso do Riacho dos Bosques, diminuindo o avanço da água com maior velocidade e mantendo-a na planície aluvial do baixo curso, o que facilita sua vazante.

As feições fluviais mapeadas (Figura 28) representam em sua maioria, formas fluviais comuns a rios meândricos com baixo gradiente no seu terço final. A ampla planície de inundação favorece a dinâmica de formação de meandros abandonados e canais secundários ao leito principal do Riacho dos Bosques.

**Figura 28** – Mapeamento das feições fluviais da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques.



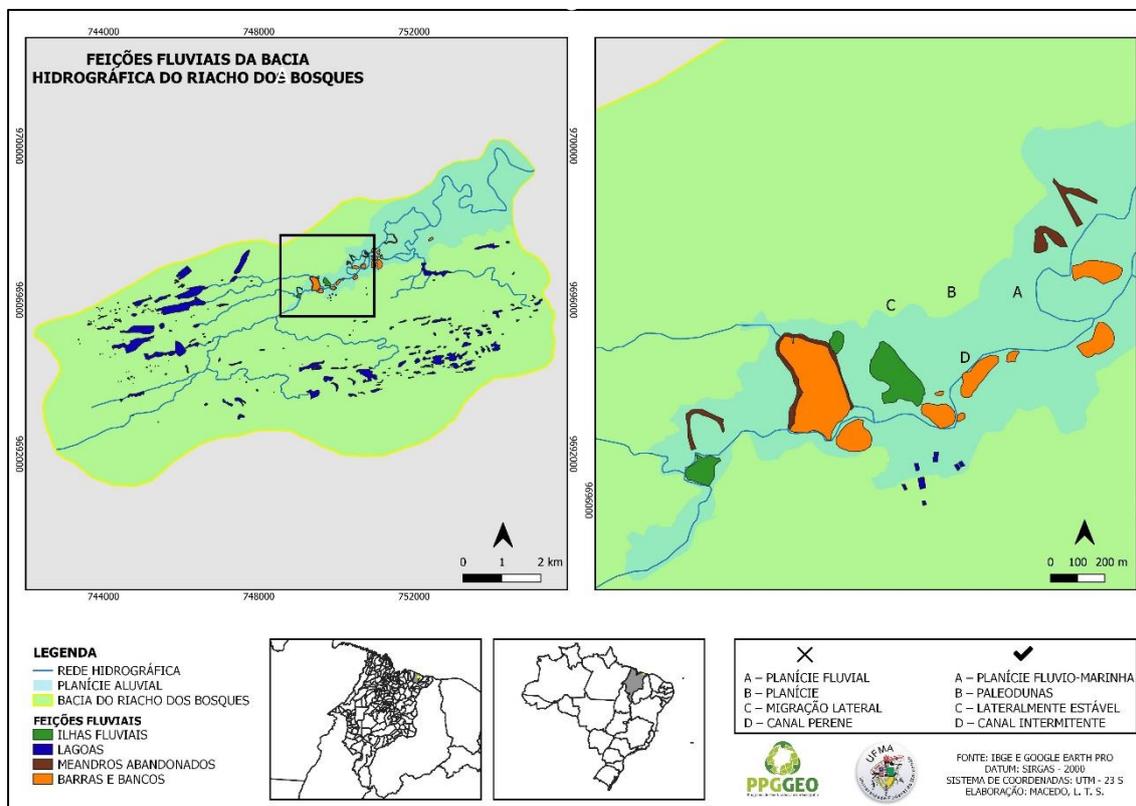
Fonte: Autoria própria (2023).

## 6.1 PLANÍCIE FLUVIO-MARINHA

Conforme apurado em entrevistas informais realizadas com moradores da área de estudo, a maré influencia o Riacho dos Bosques até o Povoado Bosque, mais especificamente no local chamado de Ponte dos Bosques, onde a planície fluvial do riacho se torna muito menos extensa lateralmente. Há variações de alcance da maré de acordo com a época do ano, quando nas marés de sizígia ocorre um fluxo maior de entrada e saída de água, afetando a dinâmica hídrica e sedimentar local (A).

Em linha reta da foz até o ponto indicado como de alcance máximo da maré são aproximadamente 7,5 km de extensão, ocupando boa parte do baixo curso do Riacho dos Bosques (figura 29). É nessa porção da bacia que se verifica a dinamicidade do padrão meândrico do canal, por meio da formação de meandros abandonados, ilhas e canais secundários (ou de incisão). Devido a formação desses últimos na planície, a identificação do canal principal é por vezes de grande complexidade, uma vez que eles também estão relacionados a extinção de canais originais e a agradação da planície (FLORENZANO, 2008; SANTOS, 2005).

**Figura 29** - Planície de inundação do Riacho dos Bosques e processos atuantes.



Fonte: Autoria própria (2023).

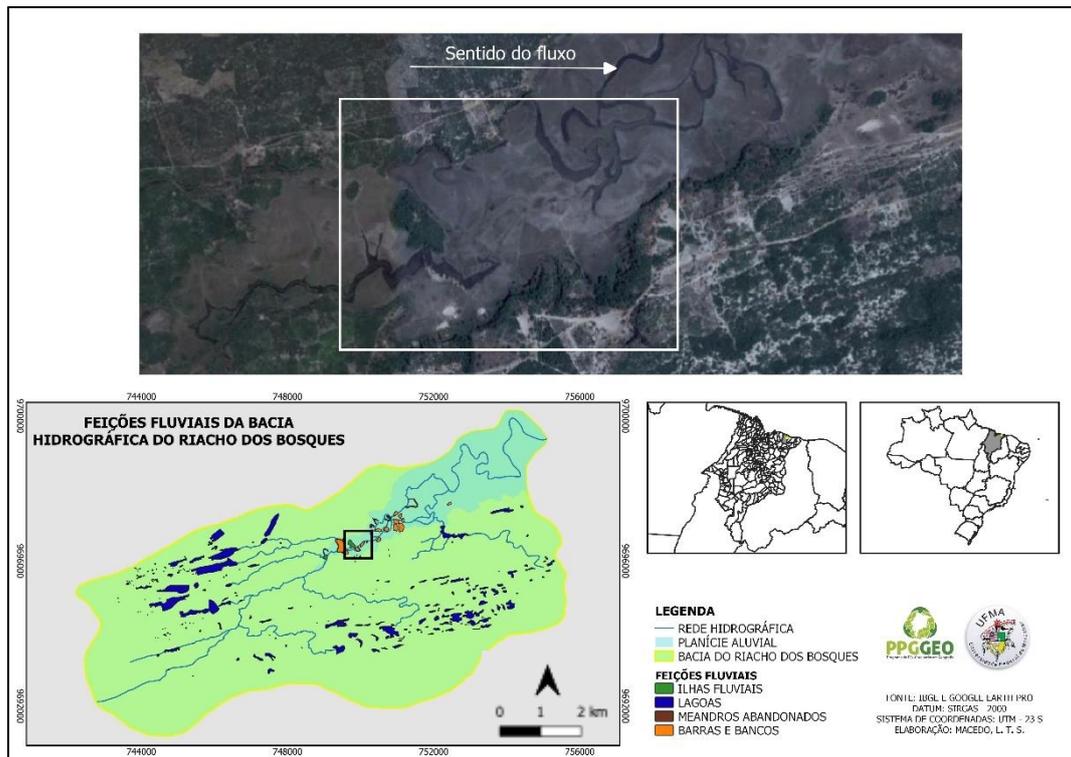
A paisagem adjacente à planície fluvio-marinha (B), a qual antes da realização das atividades de campo era identificada como de relevo plano e sem grandes diferenças altimétricas e de declividade, apresenta um relevo formado por dunas fixas e estabilizadas, caracterizando um ambiente suave-ondulado com alturas de até 28 metros nos pontos mais altos. Por outro lado, a planície de inundação registrou 4 metros de altura em locais distintos.

Isso está atrelado ao baixo gradiente entre o leito do Riacho dos Bosques e a planície de inundação, onde em muitos setores praticamente inexiste diferença altimétrica, favorecendo processos como o extravasamento do leito, formação dos canais de incisão, deposição de sedimentos e formação de bacias de inundação (área lamosa). Nesse cenário a ausência de diques marginais pode estar relacionada as águas do canal serem menos rápidas, o que implica que somente argilas e colóides extravasam o leito (tornando os diques menos nítidos) e a areia permanece nas camadas inferiores da água, sob a cota de transbordamento (CHRISTOFOLETTI, 1981).

A intensa migração do canal fluvial, as feições de meandro abandonado e a forma do contorno da planície de inundação na margem esquerda sugere que no pretérito o curso do Riacho do Boque já foi junto ao que atualmente é um terraço (base de uma paleoduna), e sugere que a migração do canal está encaixada na atual planície de inundação devido a topografia (C). Ou seja, em vez do vale está encaixado entre as montanhas, ele está encaixado entre as paleodunas, o que implica no retardamento da sua migração para fora dos limites atuais da atual planície de inundação, em especial na margem esquerda.

A deposição de sedimentos pode confundir um pesquisador inexperiente que verifica e observa no curso do Riacho dos Bosques uma interrupção em seu fluxo de água (Figura 30). O baixo curso continuou sendo abastecido pelo fluxo da maré, enquanto o fluxo a montante da área sedimentada não tinha capacidade de transporte para carrear a carga sedimentar aportada no canal e na planície (D).

**Figura 30** - Fluxo do canal interrompido no Riacho dos Bosques



**Fonte:** *Google Earth Pro* (2013).

Outra descrição importante são as intervenções antrópicas mapeadas dentro da planície fluvio-marinha (Figura 31). As retas são estradas utilizadas pela população durante o período seco e que estão contribuindo para a morfodinâmica de trechos do Riacho dos Bosques. A retificação de trechos de canais é um processo que favorece a formação de meandros abandonados e confere alterações de fluxo e deposição tanto a jusante quanto a montante.

**Figura 31** - Intervenções antrópicas na planície de inundação



**Fonte:** *Google Earth Pro.*

Consideração importante e que faz referência aos pulsos de perturbação (sem muitos registros) é a capacidade que a planície do Riacho dos Bosques, historicamente, tem de um processo de cheia que ocorre rapidamente, contudo o processo de vazante ocorre na mesma velocidade. Aliado a isso, a migração de canal e todos os seus processos ocorrem em uma área de aproximadamente 1,5 km de largura em sua maior largura, muito diferente dos mais de 8 km identificados em trechos do Rio Preguiça, por exemplo.

## 6.2 MEANDROS ABANDONADOS

Os meandros do Riacho dos Bosques são classificados como irregulares, para isso contribui o fato que os processos de chute-off e neck cut-off são poucos distinguíveis nas imagens. De acordo com Christofolletti (1981) a migração dos canais meândricos em planície de inundação é um processo rápido, ele cita exemplos de colos de meandro que duraram cerca de 500 anos e outros que duraram apenas 65 anos. Na Bacia dos Bosques os colos apresentam grande dinamicidade (Figura 32), representados por colos que estão em processo de corte do pedúnculo na área em estudo.

**Figura 32** - Colos de meandro em processo de corte.

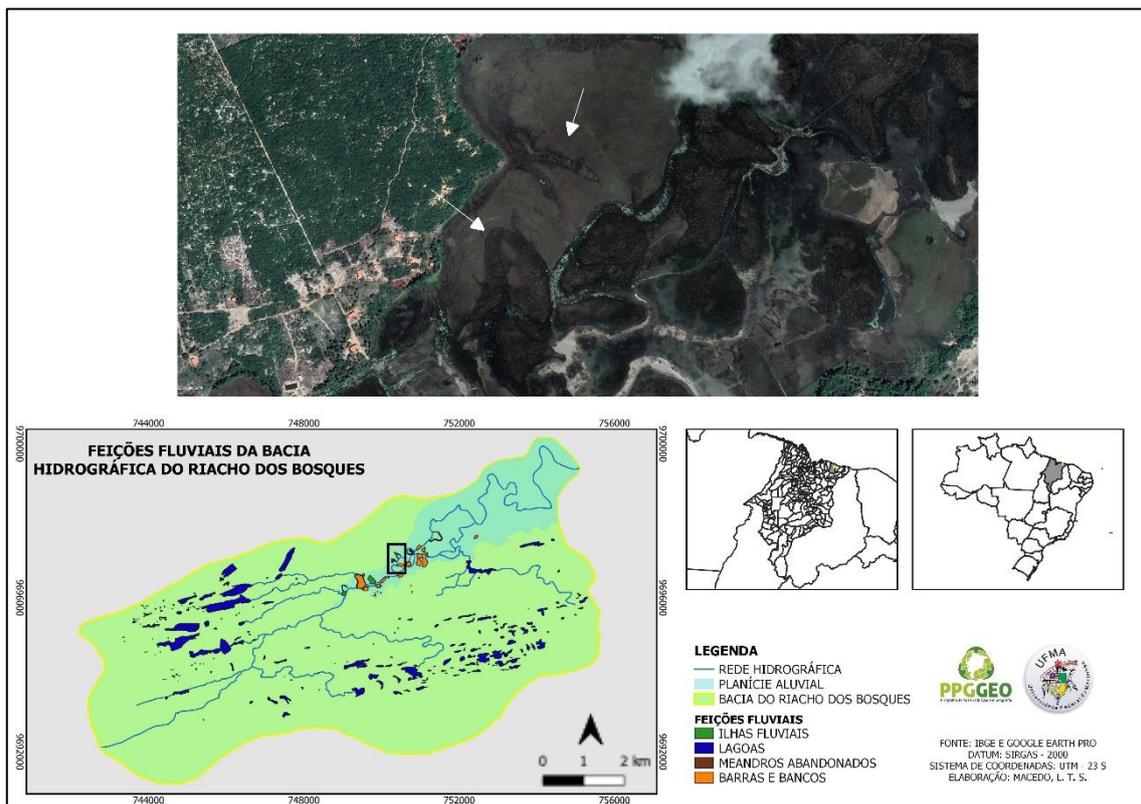


Fonte: *Google Earth Pro*.

Porém, apesar de estar migrando na planície fluvio-marinha, o curso do Riacho dos Bosques também sofre influência da topografia, o confinando entre as paleodunas, o que resulta em relações irregulares entre a forma do canal e a geometria (o

tamanho, o espaçamento e a forma das dobras) (SEAR, NEWSON E THORNE, 2009). Em toda a extensão de sua planície aluvial, o Riacho dos Bosques apresenta meandros com formas irregulares e os que estão em processo de formação também apresentam as mesmas características (Figura 33).

**Figura 33** - Meandros abandonadas na planície de inundação do Riacho dos Bosques.



**Fonte:** Autoria própria (2023).

Ainda de acordo com Sear, Newson e Thorne (2009), outro fator que pode ser aplicado ao Riacho dos Bosques e que interfere nas formas dos meandros é a capacidade dos rios aluviais de movimentarem o sedimento do leito e da margem; nesse caso, onde o rio possui essa capacidade há uma maior tendência de os meandros exibirem uma relação previsível entre a largura do canal e os padrões meândricos geométricos. As águas do Riacho dos Bosques apresentam uma baixa velocidade e ainda contam com uma grande quantidade de material orgânico em seu leito.

Conforme a disposição dos meandros ativos e inativos na planície, é possível distinguir no ponto k a presença de três períodos de meandramento, cada um indicando um intervalo temporal diferente. O superior seria o mais antigo, enquanto o inferior é mais recente, o qual se considera o curso atual do Riacho dos Bosques. À essa distribuição

de meandros na planície dá-se o nome de faixa de meandros, pois é nesse ambiente que o rio passa por constantes processos de divagação.

O material geológico presente na área de estudo difere de ambientes onde há meandros mais sinuosos, pois à medida que a granulometria de sedimentos e a carga dêitica aumentam, há a diminuição da sinuosidade (CHRISTOFOLETTI, 1981). Além de ser registrada a predominância de valores de areia fina no leito fluvial, a área de estudo é caracterizada por paleodunas, o que implicaria em baixa sinuosidade, porém são registrados meandros com alta sinuosidade (Figura 33). Isso pode ser explicado porque ao longo de todo o curso o rio está fluindo por áreas de mesma estrutura sedimentar, já que suas nascentes ocorrem na mesma área dominada por paleodunas, o que resultaria na presença inexpressiva de silte e argila.

Os canais abandonados no Riacho dos Bosques se originam principalmente por entalhamento do pedúnculo da curva meândrica, apesar de que há exemplos em que a formação de novas feições ocorre por encurtamento da curva meândrica. Estão associadas a esses processos o entulhamento das pontas terminais e os lagos formados nas curvas abandonadas (Figura 34). Os meandros que estão em processo de abandono continuam sendo navegáveis no período chuvoso, constituindo uma conexão temporária com o atual curso do rio, como é visto nas imagens abaixo.

**Figura 34** - Processo de meandramento na planície de inundação do Riacho dos Bosques



**Fonte:** Acervo da Pesquisa (2022).

Alguns questionamentos devem ser feitos com relação as feições que normalmente estão presentes no ambiente de formação de meandros, porém não foram registradas, como por exemplo, a ausência dos bancos de solapamento e dos cordões marginais convexos (*point bars*). Summerfield (2013) explica que este comportamento

está relacionado ao fato de que embora os fluxos helicoidais secundários sejam estabelecidos em gradientes muito baixos sob as condições predominantes de energia de baixo fluxo, eles não são suficientemente poderosos para formar barras alternadas e causar erosão das margens.

No curso do Riacho dos Bosques a explicação pode estar relacionada ao fato de que por não haver uma alta velocidade de fluxo no canal, não existe também muita diferença na velocidade do fluxo entre as margens côncavas e convexas, o que não permite um processo erosivo significativo na margem côncava e conseqüentemente a ausência de sedimentos para a formação do cordão marginal na margem convexa logo a jusante.

### 6.3 ILHAS

A vegetação mais densa e de porte superior, em comparação a paisagem adjacente, é umas das diferenças mais marcantes das ilhas encontradas na área de estudo (Figura 35). Caracterizada por Buritizeiros (*Mauritia flexuosa*), Coqueiros (*Cocos nucifera*), Cajueiro (*Anacardium occidentale*), entre outras; semelhante a vegetação encontrada nas margens do Riacho dos Bosques em seu baixo curso, e muito diferentes da vegetação encontrada no município de Barreirinhas como um todo.

**Figura 35** - Ilha da Coluna.

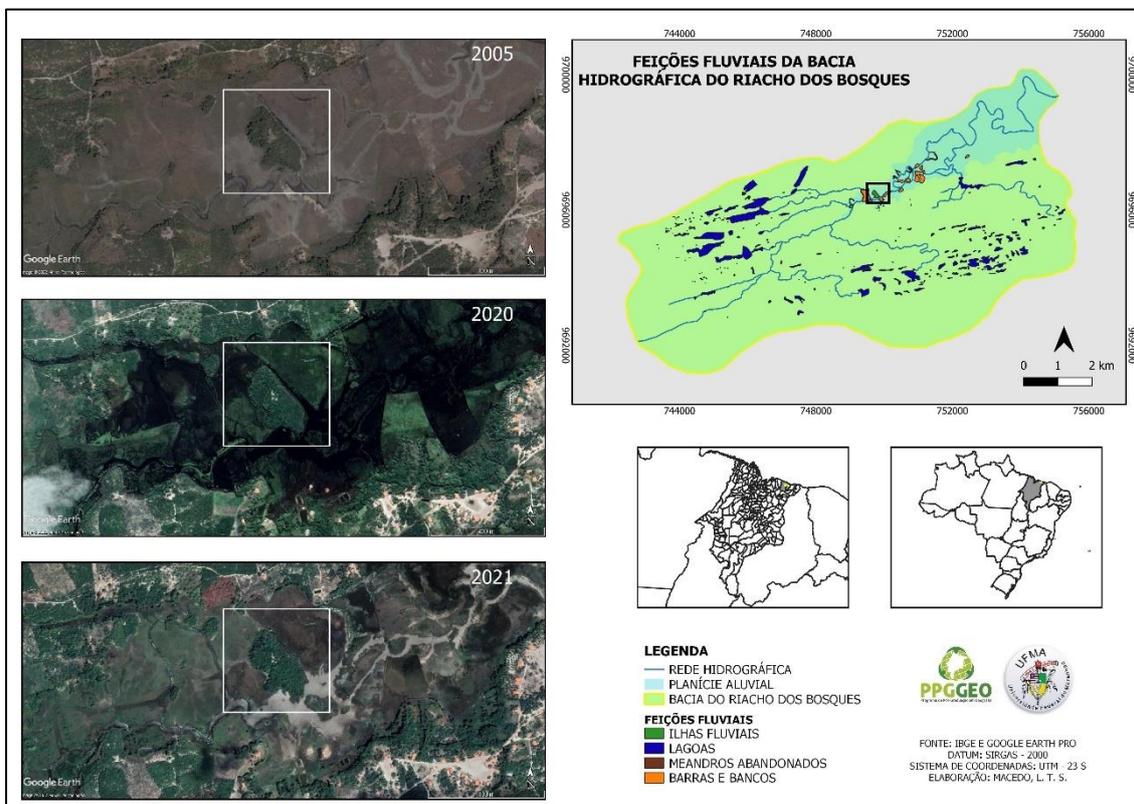


Fonte: Acervo da pesquisa (2022).

Por ser uma ilha de vegetação já bem estabelecida, presume-se que seu processo de formação ocorre há bastante tempo; por outro lado é notório que ela sofre ajustes em sua forma, principalmente na região Sul (Figura 36), haja vista a dinâmica que o contato

direto com o leito do Riacho dos Bosques a impõe. A tendência de formação dessa ilha é que o fluxo do canal a tenha isolado e por ser uma área mais elevada que o entorno, preservou suas características primárias.

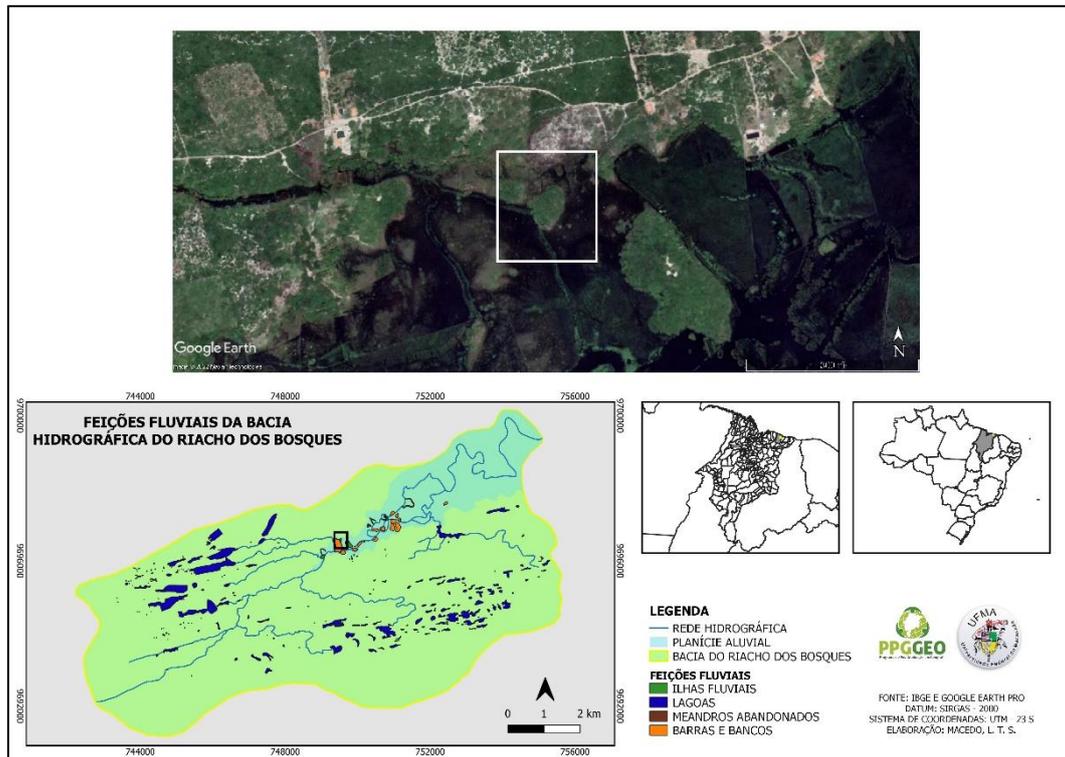
**Figura 36** - Processos de ajustamento da ilha da Coluna ao longo do tempo.



É interessante observar também que o direcionamento do fluxo em torno da ilha está diretamente relacionado a dinâmica de meandros do local, assim como a formação de canais de incisão. Essa variável é importante para a previsão da evolução e estabilidade de ilhas e barras em rios, pois a instabilidade básica que leva a estes está frequentemente associada à interação do direcionamento topográfico do fluxo e do transporte de sedimentos (CHARLTON, 2008).

Em consequência da dinâmica hídrica da área, muitas ilhas estão sendo desenvolvidas por meio de processos de erosão, onde são cortadas da planície de inundação original, ou por acreção de sedimentos dentro do canal (CHARLTON (2008); GOUDIE (2014)). É possível observar como nos períodos de cheia o fluxo das águas que invadem a planície de inundação e mesmo um meandro em processo de abandono estão contribuindo para o isolamento daquela superfície (Figuras 37 e 38).

**Figura 37** - Desenvolvimento de ilhas na planície de inundação do Riacho dos Bosques.



Fonte: Google Earth Pro (2022).

**Figura 38** – Vista de ilha que está em processo de formação.



Fonte: Acervo da pesquisa (2022).

A estabilização com as ilhas pode fornecer uma eficiência maior de fluxo e aumentar a profundidade canal (obviamente as margens também precisam estar vegetadas), o que contribui de forma positiva com a sua capacidade de transporte em virtude dos sedimentos (acima da média) aportados em seu leito. Conforme Sear, Newson e Thorne (2009) as ilhas contribuem para a estabilidade de canais naturais, atuando como depósitos ordenados de sedimentos em canais dinamicamente instáveis.

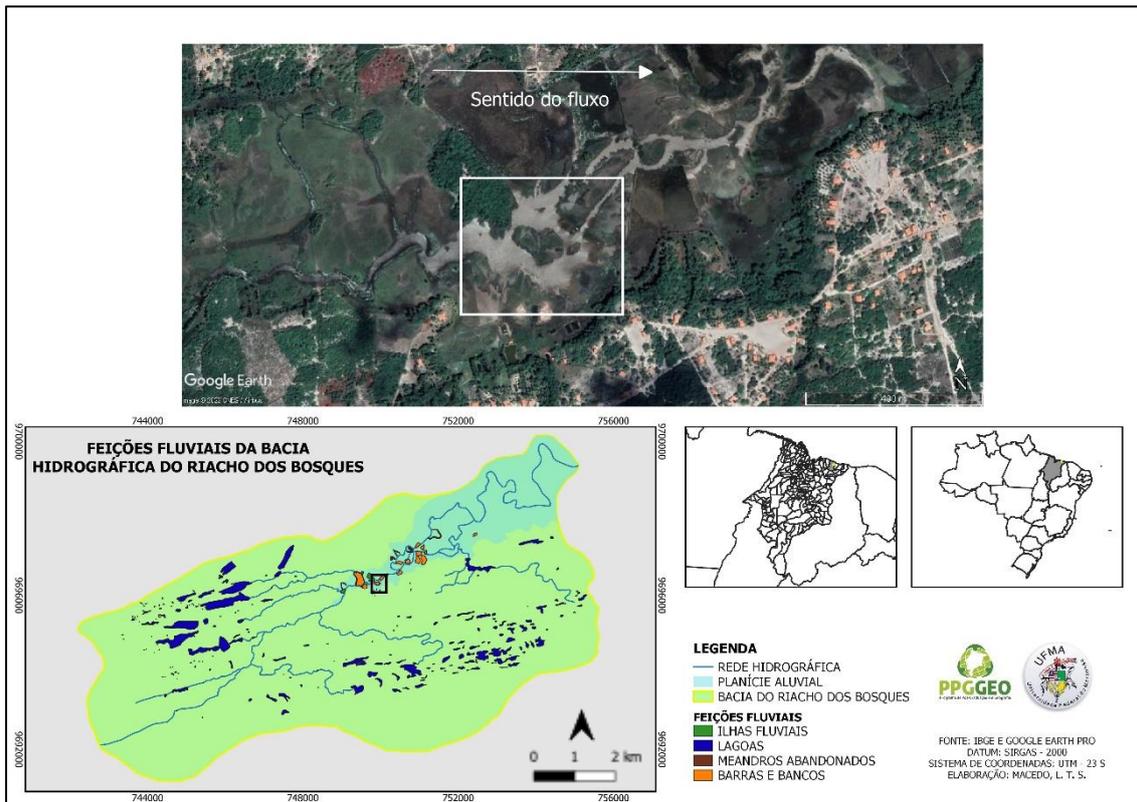
#### **6.4 BARRAS/BANCOS DE AREIA/DEPÓSITOS DE PLANÍCIE**

Conforme a literatura existem variadas formas de barras nos canais fluviais, as quais se formam em razão da carga sedimentar, da granulometria desse sedimento, da capacidade de transporte do rio, entre outros fatores. Na Bacia do Riacho dos Bosques foram identificadas barras sedimentares tanto no leito do canal, como adjacentes as margens.

Assumindo que a formação das barras está relacionada a presença ou ausência de fluxos significativos (Queiroz et al., 2018), há diferenças quanto ao período em que as barras estão mais visíveis; enquanto no Rio Jaguaribe elas são mais notadas no período de alto fluxo (chuvoso) e estão relacionadas ao retrabalhamento dessas feições, no Riacho dos Bosques a identificação das barras ocorre em ambos os períodos com igual importância, pois no período seco é possível identificar as feições que no período de cheia são cobertas pela superfície de água.

A barra de junção do canal (Figura 39) é uma barra transversal que estar associada à separação de fluxo que ocorre na confluência do canal (CHARLTON, 2008). Esse tipo de barra não costuma estar ligada as margens do canal e apesar de serem encontradas onde comumente há uma expansão abrupta do canal, no caso da feição abaixo se dá pelo canal de incisão que se forma a direita da barra.

**Figura 39** - Barra transversal associada a confluência do canal



Fonte: *Google Earth Pro* (2021).

No Riacho dos Bosques, os sedimentos depositados na planície de inundação formam feições de deposição que são retrabalhadas no período chuvoso. Essas formas tendem a permanecer no local até serem erodidas pela migração do canal, de modo que seu tempo de residência é maior onde a migração do canal é lenta, o que não é o caso do Riacho dos Bosques; além disso, a área de estudo apresenta fases de agradacão e degradação bem marcantes, o que influencia na instabilidade dessas feições (KONDOLF e PIEGAY, 2003; HUGGETT, 2007).

Uma discussão interessante relacionada a formação de barras e ilhas é que de acordo com Summerfield (2013) se um canal contém ilhas cuja largura é mais de três vezes a largura da água (leito) na descarga média, o canal é descrito como *Anabranching*. No caso do Riacho dos Bosques é possível identificar que barras superiores em largura são formadas devido aos canais de incisão, contudo o padrão anastomosado não deve ser aplicado ao local devido as barras não se localizarem diretamente no leito de canal.

Por outro lado, o baixo curso do Riacho dos Bosques também traz similaridades com o padrão de rio Anastomosado por apresentar diversas ramificações de canal. Contudo conforme expresso por Summerfield (2013) esses canais secundários seriam separados por rochas e aluviões estáveis (e não por barras deposicionais), caracterizando-se pela ação erosiva da água, o que não é o caso do Riacho dos Bosques em nenhuma das duas variáveis.

As imagens de satélite podem não fornecer informações sobre feições em escala de detalhe e que também estão em estado inicial de formação devido as atividades antrópicas de baixa impacto, mas que são importantes para entender os processos que estão ocorrendo na bacia hidrográfica. A presença de um banco (barra de deposição) de areia (Figura 40) em formação no leito do Riacho dos Bosques foi identificado com clareza somente nas atividades de campo.

**Figura 40** - Barra de deposição na margem direita do Riacho dos Bosques



Fonte: Acervo da pesquisa (2022).

Essa feição estar relacionada ao material sedimentar inconsolidado da área de estudo e as atividades antrópicas realizadas nas margens do riacho (Figura 36). A primeira imagem é uma intervenção antrópica (inacabada) realizada na margem direita do Riacho dos Bosques e que gera sedimentos para formar o banco identificado na imagem seguinte.

Ainda sobre esse exemplo, é identificado através de registros de campo que o Riacho dos Bosques, mesmo no período de cheia não está recuperando sua capacidade de transporte para alterar a feição (FLORENZANO, 2008), a qual por outro lado está acumulando ainda mais sedimentos conforme as imagens abaixo documentadas em períodos de cheias de 2021 e 2022 (Figura 41).

**Figura 41** - Processo de deposição e baixa capacidade de transporte do Riacho dos Bosques



**Fonte:** Acervo da pesquisa (2022).

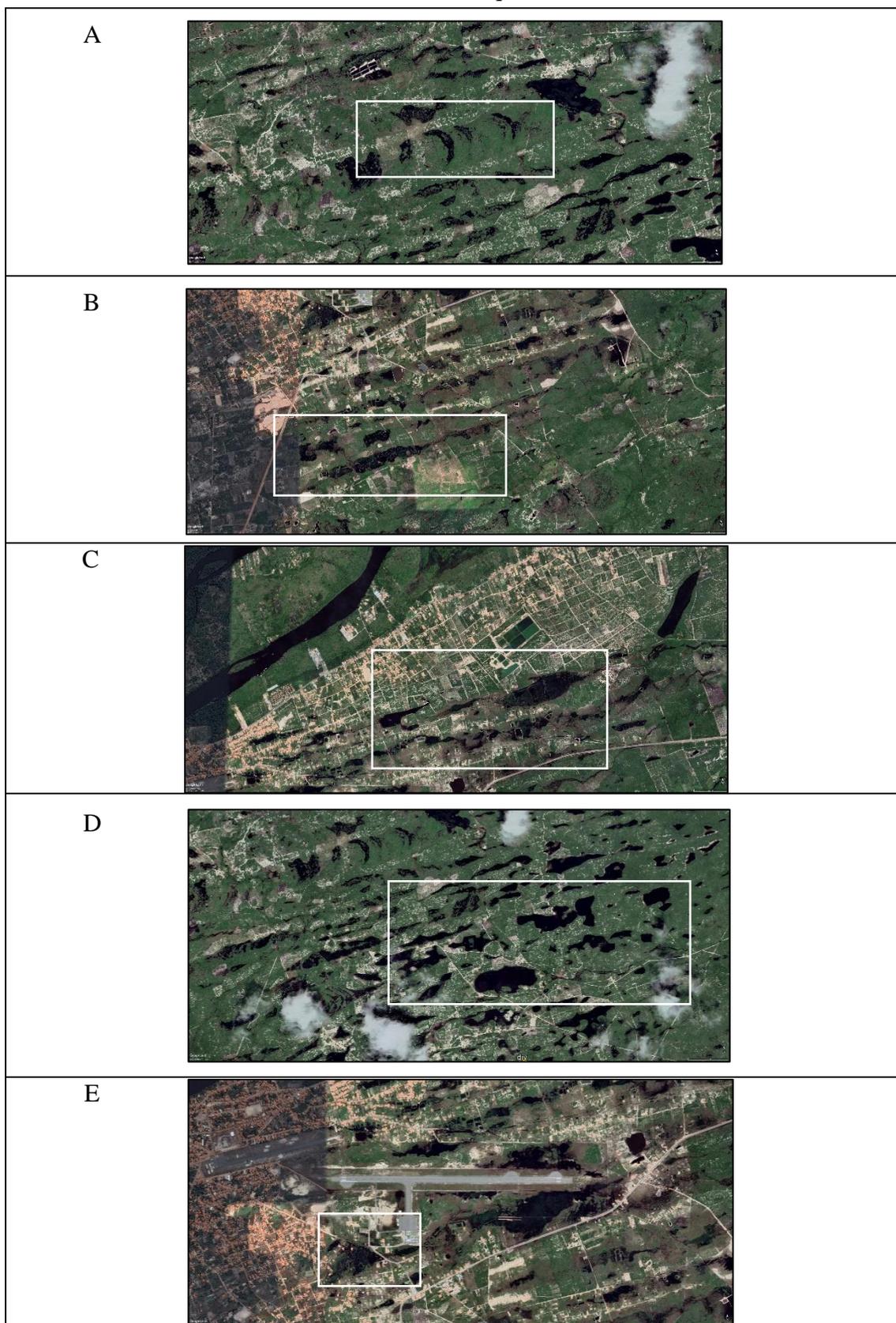
Cabe salientar que é necessário estudos mais detalhados sobre a sedimentologia local e que possam esclarecer o processo de deposição tanto no leito quanto nas margens do Riacho dos Bosques, assim como a composição granulométrica desse material. Único trabalho que aborda essa temática na região, Jesus (2022) atesta em sua dissertação sobre padrões de drenagem da Bacia do Rio Preguiças, que os canais do baixo curso do Rio Preguiças são majoritariamente formados por areia fina a média.

## 6.5 LAGOAS

As lagoas são as feições dominantes na Bacia do Riacho dos Bosques, sendo encontradas em toda a sua extensão, mas concentrando-se principalmente nos setores Nordeste e Sudeste da área. O lençol freático pouco profundo, o relevo caracterizado por paleodunas e os índices pluviométricos são os principais controladores dos processos de formação das lagoas. Foi possível identificar e catalogar através das imagens de satélite e dos trabalhos de campos distintas tipologias de lagoas, com destaque para as formadas em decorrência do relevo interdunar.

Foram identificadas feições lagunares relacionadas as dunas barcanas com formato de meia-lua (A); um conjunto de lagoas alimentadas pelas nascentes do Riacho dos Bosques e que possuem formato alongado no mesmo sentido dos canais (B); outro padrão observado são as lagoas do Noroeste da bacia, onde elas apresentam perfil alongado no sentido NE-SO (C); no Sudeste da bacia há um conjunto de lagoas de padrão de forma amorfo, mas que apresentam um lineamento de sentido NE-SO (D); ainda é necessário mencionar as lagoas formadas por algum tipo de barramento, como obras de construção civil (E) (Figura 42).

**Figura 42** - Feições lagunares identificadas na Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques



Fonte: *Google Earth Pro*

O lençol freático na área de estudo é acessível a partir de 6 metros de proximidade, o que favorece a surgência da água para a superfície e consequentemente o abastecimento das lagoas; por outro lado, em decorrência da pouca profundidade do lençol freático, as lagoas podem oferecer problemas de contaminação para água subterrânea, haja vista, por exemplo, o rompimento dos tanques de esgoto do município de Barreirinhas e que estão localizados na Bacia do Riacho dos Bosques (Figura 43).

**Figura 43** - Tanques de esgoto do Município de Barreirinhas, localizados na Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques



**Fonte:** Acervo da pesquisa (2022).

Associado ainda as questões hidrogeológicas, o material arenoso da área de estudo é outra variável importante na dinâmica das lagoas locais, pois favorece a infiltração mais rápida da água no solo, que corrobora para o processo de vazante desses corpos hídricos, assim como com os processos de sedimentação nas lâminas d'água. Abaixo é apresentado um perfil dos sedimentos arenosos que caracteriza o ambiente geológico do Riacho dos Bosques (Figura 44).

**Figura 44** - Perfil de sedimentos arenosos na Bacia do Riacho dos Bosques.



**Fonte:** Acervo da pesquisa (2022).

O relevo de paleodunas, caracterizado por “morros de areia” recobertos por vegetação (Figura 45) propicia o acúmulo de água nos vales formados entre as vertentes das dunas. Na Bacia dos Bosques, as elevações para essas unidades do relevo podem chegar a 35 metros nos topos localizados na porção Nordeste da bacia.

**Figura 45** - Relevo de Paleodunas.

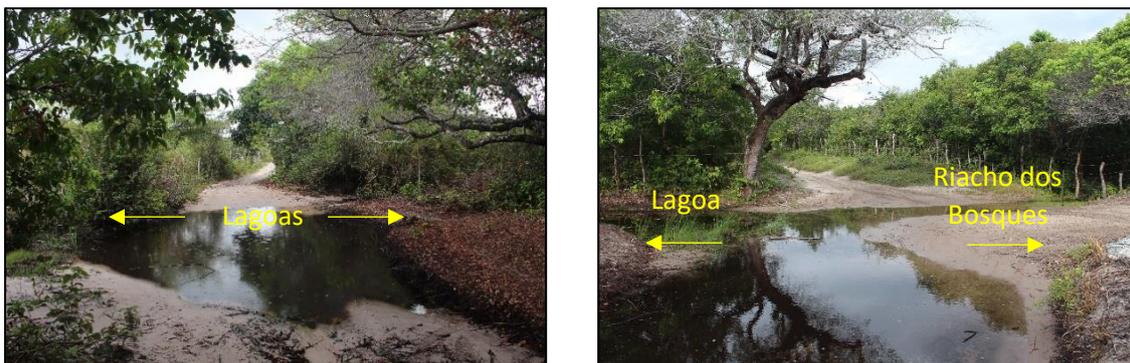


**Fonte:** Acervo da Pesquisa (2022).

Deve-se mencionar que as variações topográficas da Bacia do Riacho dos Bosques não favorecem o uso de Modelos Digitais de Terreno em decorrência da baixa amplitude topográfica registrada. Produtos que foram pensados a partir desses dados não tiveram resultados satisfatórios, como a geração de curvas de níveis e divisor de bacias.

O conjunto de lagoas localizado no Nordeste da Bacia, nos períodos mais chuvosos se convertem em um único corpo hídrico com todas mantendo conexões de fluxo. Além disso, as lagoas de maiores dimensões também conseguem manter seu fluxo de água em razão de se conectarem com as lagoas menores adjacentes a sua superfície formando uma grande lâmina d'água. Em ocasião de extravasamento para a planície lagunar a conexão das lagoas é com os afluentes do Riacho dos Bosques (Figura 46).

**Figura 46** - Lagoas se conectam entre si e com o Riacho dos Bosques.



**Fonte:** Acervo da Pesquisa (2022).

A maioria das lagoas são temporárias, com quase todas elas secando no período de estiagem. A depender do volume pluviométrico dos períodos chuvosos as lagoas de maiores dimensões não secam, como por exemplo, a Lagoa Grande (Figura 47), localizada na comunidade homônima, onde relatos de populares indicam que a última vez em que houve vazamento total foi em 1964.

**Figura 47** - Vista da Lagoa Grande coberta por Junco, localizada na comunidade Lagoa Grande, Bacia do Riacho dos Bosques, Barreirinhas, Maranhão.



**Fonte:** Acervo da Pesquisa (2022).

## 7. PROPOSTA DE ZONEAMENTO DA BACIA DO RIACHO DOS BOSQUES

As atividades de uso e ocupação do solo estão diretamente relacionadas aos recursos que a natureza oferece e com o relevo não é diferente, a partir dessa compreensão a zonificação visa estimular a racionalidade do uso da paisagem. Em consonância Christofolletti (2007, p.416), diz “a potencialidade aplicativa do conhecimento geomorfológico insere-se, portanto, no diagnóstico das condições ambientais, contribuindo para orientar a alocação e o assentamento das atividades humanas”.

A presente proposta leva em consideração duas variáveis principais: a primeira é o grau de ocupação antrópica, no qual é usado o critério dos usos e ocupações registrados na área de estudo e o quanto eles estão presentes na área total da zona; e a segunda são as feições geomorfológicas dominantes de acordo com as formas fluviais identificadas na seção anterior (Quadro 03). Essa zonificação visa fornecer subsídio para um adequado planejamento do uso e ocupação do solo na Bacia do Riacho dos Bosques.

**Quadro 3** - Variáveis utilizadas na zonificação da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques.

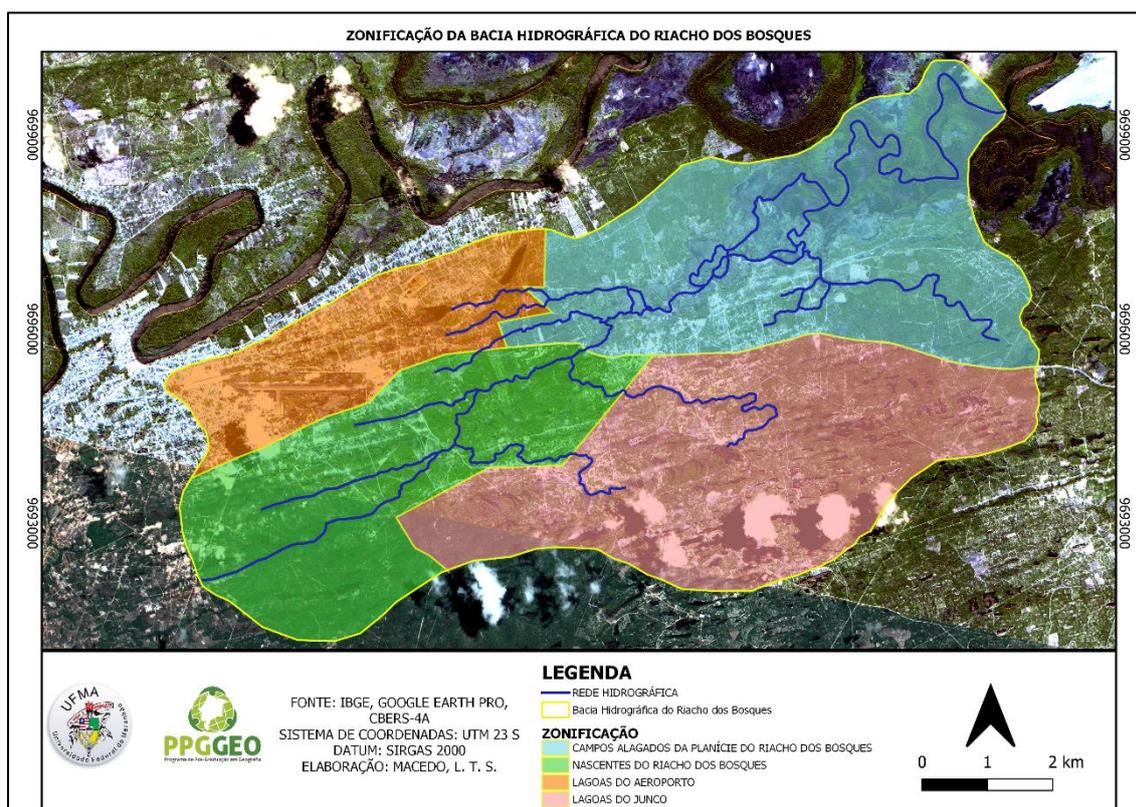
ZONA	CRITÉRIOS	RECOMENDAÇÕES
Campos Alagados da Planície do Riacho dos Bosques	Baixo grau de uso e ocupação do solo	Implementar o uso sustentável e transformar a área em uma Unidade de Conservação.
	Domínio da Planície de Inundação	
Lagoas do Junco	Baixo grau de uso e ocupação do solo	Acompanhar o avanço da atividade agrícola e implementar o Turismo Rural.
	Domínio de lagoas interdunares	
Lagoas do Aeroporto	Alto grau de uso e ocupação do solo	Controlar as formas de uso e ocupação e barrar os vetores de urbanização dessa para as outras zonas.
	Domínio de lagoas interdunares alongadas e lagoas de barramento.	

Nascentes do Riacho dos Bosques	Médio grau de uso e ocupação do solo	Aplicar as normas de proteção das nascentes e evitar o avanço do vetor de urbanização da zona anterior.
	Domínio de lagoas associadas as nascentes e a canal fluvial.	

**Fonte:** Autoria Própria (2023)

Foi possível estabelecer quatro zonas distintas na área de estudo: Campos Alagados da Planície do Riacho dos Bosques, Lagoas do Junco, Lagoas do Aeroporto e Nascentes do Riacho dos Bosques (Figura 48). A seguir são apresentados os principais atributos que as caracterizam, assim como as diferenciações entre si e as recomendações de uso e ocupação do solo.

**Figura 48** – Zonificação da Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques.



**Fonte:** Autoria Própria (2023).

## 7.1 REGIÃO DE CAMPOS ALAGADOS DA PLANÍCIE FLUVIO-MARINHA DO RIACHO DOS BOSQUES

Dentre as regiões aqui propostas, a Região de Campos Alagados da Planície Fluvio-Marinha do Riacho dos Bosques é a mais frágil do ponto de vista ambiental, pois compreende uma dinâmica hidrogeomorfológica única e que sofre forte pressão pelo processo de especulação imobiliária, principalmente do vetor de crescimento urbano consolidado na Região Lagunar do Aeroporto, apoiado pela expressiva ocupação da margem direita do Rio Preguiça.

A população residente nessa zona está distribuída pelo Povoado dos Bosques (margem direita) e pelo Povoado “Do Outro Lado dos Bosques” (nomenclatura utilizada pelos moradores do local); por último, há um número considerável de residências isoladas. O uso do solo nessa zona mantém características de uso sustentável, pois é realizada a criação de animais de pequeno e médio porte (bovinos, suínos, etc) em sistema extensivo, além do cultivo agrícola para consumo próprio (Figura 49).

**Figura 49** - Atividades antrópicas sustentáveis realizadas na planície de inundação do Riacho dos Bosques.



Fonte: Acervo da pesquisa (2022).

As feições fluviais identificadas nessa área são os meandros abandonados, ilhas e barras arenosas, além de toda a planície de inundação e sua dinâmica. Todas essas feições sofrem com os processos de cheias e vazantes que são controladas pelo volume pluviométrico; e ainda são alcançadas/retrabalhadas pelos avanços e recuos da maré. Muito da importância de preservação dessa área é que os processos atuantes nela estão ativos na esculturação das formas fluviais de toda a planície de inundação.

As planícies de inundação são muito sensíveis a alterações geoquímicas, haja vista os depósitos sedimentares apresentarem grande capacidade de retenção para esses químicos (MAGALHÃES JÚNIOR E BARROS, 2020). Por isso, é importante a preservação da ampla planície fluvial de inundação no baixo curso do Riacho dos Bosques, evitando o espraiamento das atividades antrópicas para essa região do município de Barreirinhas.

A sugestão para essa Zona é a criação de uma Unidade de Conservação que estabeleça o uso sustentável na região e a consequente preservação do meio físico e biótico. Exemplos de UC's que poderiam ser implantadas são as Áreas de Relevante Interesse Ecológico e as Áreas de Proteção Ambiental; estas últimas não se mostraram até o momento capazes de controlar o uso e ocupação inadequado nos locais onde foram implantadas.

## **7.2 REGIÃO DAS LAGOAS DO JUNCO**

A Região das Lagoas do Junco é a menos ocupada por atividades antrópicas dentro das zonas identificadas no trabalho, sendo caracterizada como Zona Rural, com a presença de pequenos povoados e residências isoladas. As principais atividades econômicas dos seus moradores estão relacionadas a agricultura e a pesca, principalmente nas lagoas. A nomenclatura para essa região advém da grande quantidade de Junco (*Juncus*) que recobre a superfície dos corpos hídricos locais.

Devido ao relevo ondulado, aos sedimentos inconsolidados e ao tipo de agricultura de corte e queima (Figura 50) é necessário um acompanhamento técnico para que não seja desencadeado processos erosivos. Como o material arenoso predomina na região, em caso de grande direcionamento dele para os vales as lagoas seriam seriamente afetadas por processos de sedimentação, alterando a dinâmica hídrica local.

**Figura 50** - Agricultura praticada no sistema de corte e queima.



Fonte: Acervo da pesquisa (2022).

Existe uma grande potencialidade turística no local, principalmente o turismo rural, devido ao conjunto de lagoas e as trilhas, mas não há, ainda, um uso comercial estruturado para tal fim. Uma questão que deve ser levada em consideração é o quanto a substância Tanino interfere na qualidade das águas, podendo ser um empecilho a qualquer tipo de uso proposto.

As lagoas interdunares da região conferem um ambiente particular, pois a conexão entre esses corpos hídricos é comum no período chuvoso alterando as muitas trilhas (não existem estradas propriamente ditas) no decorrer dos anos, que são usadas principalmente por moradores e pescadores. Aliado a isso, o relevo característico da área favorece a formação de pequenos cursos hídricos temporários sem uma drenagem definida.

O processo de uso e ocupação do solo deve levar em consideração as características do relevo e a dinâmica hídrica, evitando alterações que envolvam mudanças na drenagem local, pois devido a expressiva ocorrência de paleodunas a alteração de fluxo acarretará impactos no conjunto de lagoas e no meio biótico.

### 7.3 REGIÃO DAS LAGOAS DO AEROPORTO

A Região das Lagoas do Aeroporto é caracterizada pela expressiva ocupação antrópica e que possui aparelhos urbanos que a qualificam como Zona Urbana. Assim como a Região das Nascentes dos Bosques, há um divisor de difícil distinção entre essa Zona e a Bacia do Rio Tibúrcio, principal canal fluvial em Área Urbana no município de Barreirinhas.

Caracterizada por um conjunto de lagoas interdunares que se conectam nos períodos chuvosos, e que também são alimentadas pelo Riacho dos Bosques (Figuras 51 e 52). Além das lagoas naturais, existe nessa região um conjunto significativo de lagoas formadas por barramentos, em especial relacionadas as obras civis nas imediações do Aeroporto Municipal de Barreirinhas. À exceção da Lagoa Grande, as demais seguem um formato alongado no sentido Nordeste-Sudoeste.

**Figura 51** - Lagoa formada a partir de barramento causado por obras civis.



**Figura 52** - Lagoas interdunares



**Fonte:** Acervo da pesquisa (2022).

Atualmente, o sistema de drenagem local já sofreu consideráveis alterações (Figura 53) para controlar eventos de cheias que ocorriam recorrentemente no entorno desses corpos hídricos, sendo que obras hidráulicas recentes fazem uma parte do fluxo das lagoas também verterem para a Bacia do Rio Preguiça. Algumas das nascentes do Riacho dos Bosques estão localizadas nessa área de intensa atividade antrópica, o que compromete a gestão ambiental das nascentes, haja vista o processo de ocupação ocorrer sem o planejamento adequado.

**Figura 53** - Alterações antrópicas no sistema de drenagem natural na Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques



**Fonte:** Acervo da pesquisa (2022).

A atividade de piscicultura em sistema extensivo é praticada com frequência, principalmente nas lagoas, onde se aproveita o excedente hídrico (Figura 54). Conforme apurações nas pesquisas de campo a atividade recreativa nas lagoas não é realizada, o que pode ser explicado pela coloração escura da água e o odor característico que a substância Tanino confere aos corpos hídricos locais.

**Figura 54** - Prática de criação de peixes em açudes aproveitando o excedente hídrico.



**Fonte:** Acervo da pesquisa (2022) e *Google Earth Pro* (2022).

Recomenda-se para essa região um controle urgente do processo de uso e ocupação do solo que vise a recuperação das nascentes e a proteção das lagoas, pois essas são essenciais para o processo de drenagem urbana. Outro ponto a ser observado é a proximidade das lagoas com os tanques de decantação de esgoto do município, aliado ao fato de que ele está localizado em uma área de divisor de bacias (Riacho dos Bosques e Preguiças) e substrato altamente poroso.

#### **7.4 REGIÃO DAS NASCENTES DO RIACHO DOS BOSQUES**

Na Região das Nascentes do Riacho dos Bosques as lagoas aparecem em menor quantidade, até por isso ela está na rota atual de expansão urbana do município de Barreirinhas. O relevo é mais plano em comparação as outras zonas, acrescido pelas atividades antrópicas que estão se consolidando, o que contribuiu significativamente para a dificuldade encontrada no processo de vetorização do limite de bacia nesse ponto.

Nessa Zona foi identificada a nascente do Riacho dos Bosques, a qual está localizada em uma área plana e alagadiça que verte o fluxo tanto para a Bacia do Riacho dos Bosques quanto para a Bacia do Rio Tibúrcio nos períodos de cheia. O processo de urbanização avançou sensivelmente nos últimos anos em direção a essa região, impondo por exemplo, barreiras a circulação da água que ocorriam em vários pontos da recém estrada asfaltada.

Mesmo diminuindo sua frequência nessa região, as lagoas conservam uma característica de lineamento que as ligam aos pequenos canais do alto curso do Riacho dos Bosques durante o período de cheia. Na ausência de chuva, diferentemente dos demais grupos de lagoas, toda a área torna-se extremamente seca, restando apenas açudes represados durante as cheias.

Apesar de ser a localidade das principais nascentes da bacia em questão, não há estudos que identifiquem ou monitorem as suas distribuições. É indicado para essa região o estabelecimento de limites de uso e ocupação do solo e que estejam consonância com as medidas de conservação das nascentes (Figura 55), essas por sua vez devem ser identificadas e isolada conforme a lei prevê.

**Figura 55** - Localidade das nascentes do Riacho dos Bosques.



**Fonte:** Acervo da pesquisa (2022)

Como nas demais áreas da bacia do Riacho dos Bosques, há uma considerável presença de cercas que dificultam o acesso e que também corroboram para a responsabilidade da comunidade em geral na preservação dos recursos naturais da região. Por outro lado, uma atualização do Plano Diretor será de extrema importância na adequação dos vários tipos de uso e ocupação do solo no município frente as particularidades das características ambientais locais.

## **8. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A Bacia Hidrográfica do Riacho dos Bosques se mostrou um ambiente fluvial geomorfologicamente diverso, com dinamicidade proporcionada pelos processos de meandramento e de deposição. As feições lagunares se destacam pela quantidade e variedade de formas, originando-se em sua maioria em decorrência do relevo interdunar característico da região.

As formas fluviais estão sujeitas a modificações ocasionadas por processos naturais que representam as características particulares da região, como a abundância de sedimentos inconsolidados. A sazonalidade hídrica da região contribui para a formação

das distintas feições ao longo da bacia e influencia nos ciclos de cheia e vazante das lagoas.

O uso e ocupação está se intensificando na Bacia do Riacho dos Bosques, o alto curso da bacia é ocupado por zona urbana, sendo que a partir desta zona, vários vetores de crescimento são direcionados a outras zonas, em especial para a planície fluvio-marinha, assim como para a áreas onde foram identificadas as nascentes do Riacho dos Bosques. Por outro, o leste da bacia ainda preserva um território com poucas alterações antrópicas, onde o uso do solo ainda é feito de forma sustentável.

Há a necessidade de estudos que envolvam modelagem para entender e prever o funcionamento dos processos atuantes na dinâmica hídrica da Bacia do Riacho dos Bosques, em especial da planície fluvio-marinha. Entre as abordagens pertinentes estão o acompanhamento do fluxo hídrico e do processo sedimentológico da região. Outra demanda é o aprofundamento dos estudos de geomorfologia fluvial nas regiões quentes e úmidas, sobretudo fora da região amazônica.

A zonificação da Bacia do Riacho dos Bosques é uma sugestão para a ordenação do território na área de estudo e procura por uma integração entre os fatores antrópicos e geomorfológicos, principalmente fluviais. Outros fatores geoambientais, como a pedologia e a vegetação devem ser aprofundados para haver uma integração mais adequada e completa da realidade local.

## **REFERÊNCIAS**

ATAÍDE JÚNIO, F. **A ocupação e o ordenamento do território turístico no município de Barreirinhas (MA)**. 2015. Dissertação (Mestrado em Turismo e Hotelaria) - Universidade do Vale do Itajaí, Balneário Camboriú.

Atlas do Maranhão. Gerência de Planejamento e desenvolvimento econômico. São Luís: GEPLAN, 2002.

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. 2.ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 1999.

BANDEIRA, I. C. N. **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. 1 ed. Teresina: CPRM, 2013. 230 p.

BARBOSA, T. S.; LIMA, V. F.; FURRIER, M. Mapeamento geomorfológico e Geomorfologia Antropogênica no município do Conde – Paraíba. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.20, n.3, p. 525-540, 2019.

BARREIRINHAS. Diagnóstico dos aspectos socioeconômicos, culturais, ambientais e de infraestrutura do município de Barreirinhas – Ma. Barreirinhas: Prefeitura Municipal de Barreirinhas, 2014. 213 f.

BARROS, L. F. P.; REIS, R. A. P. A produção científica em geomorfologia fluvial na Revista Brasileira de Geomorfologia: panorama bibliográfico, tendências e lacunas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.20, n.3, p. 673-680, 2019.

BRIERLEY, G.; FRYIS, K.; REID, H.; WILLIAMS, R. The dark art of interpretation in geomorphology. *Geomorphology*, v.390, 2021.

CARDOSO, M. F. **O Maranhão por dentro**. São Luís: LITHOGRAF, 2001.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de Sistemas em Geografia**. Hucitec: São Paulo, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blucher, 2ª edição, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo, Edgard Blucher, v.1, 1981.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento. *In*: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (orgs). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

COELHO, G. K. S.; ANDRADE, J. H. R. Caracterização de feições morfológicas no canal do rio Jaguaribe: trecho Limoeiro do Norte-Quixeré. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.21, n.2, p. 343-363, 2020.

CORREIA FILHO, F. L. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Barreirinhas**. Teresina: CPRM, 2011. 31 p.

CUNHA, S. B. Geomorfologia Fluvial. *In*: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (orgs). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

D'ANTONA, A. O. **O verão, o inverno e o inverso: sobre o modo de vida de comunidades residentes na região do Parque dos Lençóis Maranhenses**. 1997. Dissertação (Mestrado em antropologia Social) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

DANTAS, M. E (Org). **Biblioteca de padrões de relevo: carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundação**. Rio de Janeiro: CPRM, 2016.

DEBORTOLI, N. T.; CARAMINHA, P. I. M.; MARENGO, J. M.; RODRIGUES, R. R. Na Index of Brazil's vulnerability to expected increases in natural flash flooding and landslide disasters in the context of climate change. **Nat Hazards**, 86, p. 557-582, 2017.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v.1, n.1, p. 15-28, 2005.

FLORENZANO, T. G (Org). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GASTÃO, F. G. C.; MAIA, L. P. O uso de dados da missão SRTM e sedimentológicos nos estudos de geomorfologia e padrões de drenagem na região dos Lençóis Maranhenses. **Revista Brasileira de Cartografia**, Uberlândia, v.62, n.2, p. 155-168, 2010.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de pesquisa**. 1ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. 120 p.

GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. B. Progressos nos estudos de Geomorfologia Fluvial Urbana ao final do século XX. **Revista GEOUERJ**, Rio de Janeiro, n.26, 2015, p. 245-269.

GONÇALVES, R. A.; LEHUGEUR, L. G. O.; CASTRO, J. W. A.; PEDROTO, A. E. S. Classificação das feições eólicas dos Lençóis Maranhenses – Maranhão –Brasil. **Mercator**, Fortaleza, v.2, n.3, p. 99-112, 2003.

HORTON, R.E. (1945). Erosional Development of Streams and their Drainage Basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*. V.56, march/1945. p. 275–370.

HUGGETT, R. J. **FUNDAMENTALS OF GEOMORPHOLOGY**. 2 ed. Londres: Taylor & Francis Group, 2007.

IBGE. 2011. **Maranhão**. 1:1.400.000. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/solos>. Acesso em: 21 out. 2020.

IBGE. Barreirinhas. 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/barreirinhas/historico>. Acesso em: 03 out. 2020.

JACOMINE, P. K. T. **Levantamento exploratório – Reconhecimento de solos do Estado do Maranhão**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SUDENE, 1986.

KONDOLF, G. M.; PIÉGAY. **TOOLS IN FLUVIAL GEOMORPHOLOGY**. 2 ed. Chichester: Wiley, 2003.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, G.; MILLER, J. P. **Fluvial Process in Geomorphology**. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1964.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; BARROS, L. F. P. **Hidrogeomorfologia: formas, processos e registros sedimentares fluviais**. 1 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020.

MARÇAL, M. S.; LIMA, R. N. S. Abordagens conceituais contemporâneas na Geomorfologia Fluvial. **Revista Espaço Aberto, PPGG - UFRJ**, Rio de Janeiro, v.6, n.1, p. 17-33, 2016.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. Qualitative analysis: theory, steps and reliability. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 621-626, mar. 2012.

MMA/IBAMA. **Plano de Manejo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses**. Ministério do Meio Ambiente, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis. São Luís, Ma. 499 p. 2003.

MOSCHINI-CARLOS, V.; PEREIRA, D.; Wisniewski, M. J. S.; POMPÊO, M. L. M. The planktonic community in tropical interdunal ponds (Lençóis Maranhenses National Park, Maranhão State, Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensia**, Rio Claro, v.20, n.2, p. 99-110, 2008.

NOGUTTI, I. Estudos das fácies carbonáticas da bacia de Barreirinhas, Maranhão. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo, v. 16, n.1, p. 102-119, 1967.

PARANHOS, R.; FIGUEIREDO FILHO, D. B.; ROCHA, E. C.; SILVA JÚNIOR, J. A.; FREITAS, D. Uma introdução aos métodos mistos. **Sociologias**, Porto Alegre, v.18, n.42, p. 384-411, 2016.

POLIT, D. F.; BECK, C. T.; HUNGLER, B. P. **Fundamentos de pesquisa em enfermagem: métodos, avaliação e utilização**. Trad. de Ana Thorell. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

PORTUGUEZ, A. P.; LANZARINI, R.; SANTOS, R. J. **Territorialidades do turismo: dinâmicas e desafios dos mercados receptivos**. Ituiutaba: Barlavento, 2019. 344 p.

RAMOS, C. B. **NAS ÁGUAS DO TURISMO TEM GENTES ENCANTADAS: duas temporalidades na teia de memórias das Comunidades do município de Barreirinhas - Ma**. 2018. Tese (Doutorado em História) – Universidade Vale dos Rios dos Sinos, São Leopoldo.

ROCHA, P. C.; COMUNELLO, E. D. E. R. Geomorfologia e áreas inundáveis na planície fluvial do alto rio Paraná, **Revista Geográfica Acadêmica**, Roraima, v.5, n.1, p.98-117, 2011.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista Do Departamento de Geografia - USP**, São Paulo, v. 6, [s. n.], p. 17-29, 1992.

SANTOS, J. H. S. Lençóis Maranhenses atuais e pretéritos: um tratamento espacial. 2008. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SINHA, R.; LATRUBESSE, E. M. Geomorphology of fluvial systems: focus on tropical rivers. **GEOMORPHOLOGY**, 363, p. 1-4, 2020.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia Fluvial**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

STRAHLER, A, N. Dynamic basis of geomorphology. **Geological Society of America Bulletin.**, v.63. New York, 1952. p.: 923-938.

SUERTEGARAY, D. M. A. Notas sobre a epistemologia da Geografia. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, n.12, p.63, 2005.

TASSO, J. P. F. **Turismo na encruzilhada: estudo sobre os fatores da inserção socioeconômica em destinos turísticos emergentes (Barreirinhas - MA)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília.

THORNES, J.B.; BRUNSDEN, D. **Geomorphology & Time**. Methuen & Co Ltd. Great Britain, 1977.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

VEIGA JÚNIOR, J. P. **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil. São Luís NE/SE, Folhas SA.23-X e SA.23-Z**. Estados do Maranhão e Piauí. Brasília: CPRM, 2000.