



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ  
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

**ELIAKIM DOS SANTOS SILVA**

**DINÂMICA DE PROCESSOS EROSIVOS NA ORLA FLUVIAL URBANA DE  
FERREIRA GOMES – AMAPÁ**

**MACAPÁ - AP  
2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ  
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

**ELIAKIM DOS SANTOS SILVA**

**DINÂMICA DE PROCESSOS EROSIVOS NA ORLA FLUVIAL URBANA DE  
FERREIRA GOMES – AMAPÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Desenvolvimento Regional da Universidade Federal do Amapá – UNIFAP sob a orientação da professora doutora Jucilene Amorim Costa, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional.

**MACAPÁ - AP  
2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central da Universidade Federal do Amapá

711.4

C837d Silva, Eliakim dos Santos.

Dinâmica de processos erosivos na orla fluvial urbana de  
Ferreira Gomes - Amapá / Eliakim dos Santos Silva; orientadora,  
Jucilene Amorim Costa. – Macapá, 2017.

149 f.

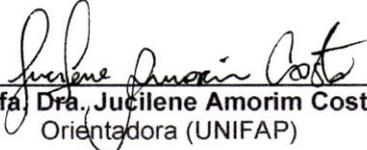
Dissertação (mestrado) – Fundação Universidade Federal do  
Amapá, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento  
Regional.

1. Erosão. 2. Degradação. 3. Planejamento urbano. I.  
Costa, Amorim Jucilene, orientadora. II. Fundação Universidade  
Federal do Amapá. III. Título.

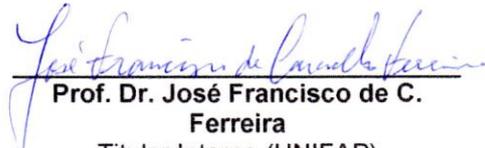
**ELIAKIM DOS SANTOS SILVA**

**DINÂMICA DE PROCESSOS EROSIVOS NA ORLA FLUVIAL URBANA DE  
FERREIRA GOMES – AMAPÁ**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Desenvolvimento Regional da Universidade Federal do Amapá – UNIFAP sob a orientação da professora doutora Jucilene Amorim Costa, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Regional.

  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Jucilene Amorim Costa  
Orientadora (UNIFAP)

  
Prof. Dr. Genival Fernandes Rocha  
Titular Externo (UNIFAP)  
Genival Fernandes Rocha  
Coordenador Bach. Geografia  
Portaria 1556/2016 UNIFAP

  
Prof. Dr. José Francisco de C.  
Ferreira  
Titular Interno (UNIFAP)

Aprovada em 25 de Abril de 2017.

À Eliakim Emanuel, meu filho, semente que germinou em meio ao complexo percurso desta pesquisa, com amor e carinho dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

Em honra e glória ao Senhor Jesus Cristo, libertador do mundo (Jo 1:4), as primícias deste trabalho são entregues ao grande Eu Sou que através de seu Espírito me proporcionou momentos restauradores durante esta árdua caminhada (Ex 34:26), sendo refrigério para minha alma nos momentos de dificuldades (Jo 16:33);

À minha família por compreenderem quando foi necessário estar ausente de suas vidas em ocasiões especiais por demandas desta pesquisa, em especial meus pais Otávio e Célia, minha esposa Artemisa e meus filhos Eduardo e Eliakim, além de meus irmãos, sobrinhos e cunhados (as), registro aqui meu muito obrigado;

À minha orientadora Dr. Jucilene Amorim Costa que colaborou intensamente para a construção desta etapa, pois me proporcionou profundo amadurecimento pessoal e profissional nesta fase de pós-graduação através de uma elogiável conduta durante todo o processo, manifesto minha gratidão;

Cito também de forma oportuna meu agradecimento pelas ajuda prestada pelos professores Antônio José Guerra, Fabiano Belém, Wardsson Lustrino, Celina Marques, Helyelson Paredes, e pelos amigos Carla Luíza, Thasso, Karol, Eduardo, Nildi e Renato Xavier, Iraciele Santos, Elane Joeli, Patrícia Maciel, pelos companheiros de minha turma de Mestrado MDR-2015, e por todos os verdadeiros amigos que contribuíram para a consolidação desta pesquisa.

Registro aqui meus profundos agradecimentos. Obrigado.

Olhamos as montanhas e dizemos que são eternas, e é o que parecem ser... Mas, no correr do tempo, montanhas erguem-se e ruem, rios mudam de curso, estrelas caem do céu, e grandes cidades afundam-se no mar. (...) Tudo muda.

George R. R. Martin

## RESUMO

A erosão dos solos tem se configurado como uma das maiores problemáticas socioambientais que atinge várias regiões do mundo, principalmente aquelas em que há modificações no uso do solo através do desenvolvimento de atividades humanas. O progresso da ciência geomorfológica e o amadurecimento das teorias, métodos e técnicas de pesquisa nos últimos anos permitiram entender que, este fenômeno tem grande relação com as características naturais do ambiente, e com fatores derivados da ação antrópica que, uma vez atuando de maneira combinada, viabilizam e aceleram a degradação do solo, além de gerar outros impactos que afetam o ambiente natural e a sustentabilidade das atividades humanas. Ressalta-se, neste contexto, que esta pesquisa teve como objetivo analisar a dinâmica dos processos erosivos atuantes na orla fluvial urbana de Ferreira Gomes, no Estado do Amapá, avaliando seus principais efeitos sobre a configuração geomorfológica local. Para o alcance dos objetivos propostos, além da revisão de literatura específica, foram realizados trabalhos de campo divididos metodologicamente em quatro principais fases sequenciais, iniciando-se com a fase de reconhecimento e caracterização da área de estudo, seguida da instalação das estações de monitoramento de erosão, coleta de amostras para análise do solo, e para o levantamento das formas de uso e ocupação da área delimitada. Os resultados obtidos demonstraram que a combinação das características naturais com o desenvolvimento de atividades antropogênicas na área de estudo, que ocorrem sem o acompanhamento de necessárias políticas de planejamento urbano-ambiental, são fatores que contribuem com a evolução da problemática identificada. Observou-se grande relevância para atributos como a dinâmica de entalhamento fluvial, o grau de declividade das vertentes, as características físicas e químicas do solo, as condições de recobrimento vegetal e as formas de uso e ocupação da área, que uma vez apresentadas de maneira distintas por setor, indicaram a existência de áreas com diferentes graus de potencial de fragilidade à erosão. Avaliou-se então, que a consideração destes aspectos torna-se fundamental para a criação de mecanismos que possam subsidiar a promoção de atividades socioeconômicas sustentáveis na área de estudo, contribuindo com a atenuação de impactos que criam limitações ao aproveitamento do espaço, causadores de entraves problemáticos ao desenvolvimento econômico local.

**Palavras-Chave:** Erosão. Degradação. Orla. Ferreira Gomes.

## ABSTRACT

Soil erosion has become one of the major socio-environmental problems affecting several regions of the world, especially those in which there are changes in land use through the development of human activities. The progress of geomorphological science and the maturation of theories, methods and research techniques in recent years have made it possible to understand that this phenomenon has a great relation with the natural characteristics of the environment and with factors derived from anthropic action, which, once acting in a combined way, And accelerate soil degradation, in addition to generating other impacts that affect the natural environment and the sustainability of human activities. It is worth mentioning that the objective of this research was to analyze the dynamics of the erosive processes in the urban waterfront of Ferreira Gomes, in the State of Amapá, evaluating its main effects on the local geomorphological configuration. In order to reach the proposed objectives, in addition to the literature review, fieldwork was divided methodologically into four main sequential phases, beginning with the phase of recognition and characterization of the study area, followed by the installation of the monitoring stations of Erosion, sample collection for soil analysis, and for surveying the forms of use and occupation of the delimited area. The results show that the combination of natural characteristics and the development of anthropogenic activities in the study area, which occur without the accompaniment of the necessary urban-environmental planning policies, are factors that contribute to the evolution of the identified problem. It was observed a great relevance for attributes such as: fluvial carving dynamics, slope degree, soil physical and chemical characteristics, vegetation cover conditions and forms of use and occupation of the area, which, once presented Different ways by sector, indicated the existence of areas with different degrees of fragility potential to the development of erosive processes. It was then evaluated that the consideration of these aspects becomes fundamental for the creation of mechanisms that can subsidize the promotion of sustainable socioeconomic activities in the study area, contributing to the mitigation of impacts that create limitations to the use of space causing problematic obstacles to the Local economic development.

**Keywords:** Erosion. Degradation. Edge. Ferreira Gomes.

## LISTA DE FIGURAS

	Pg.
<b>Figura 1</b> – Bacia Hidrográfica do rio Araguari: Distribuição da precipitação pluviométrica total anual.....	<b>24</b>
<b>Figura 2</b> – As terras caídas no contexto dos processos erosivos fluviais.....	<b>29</b>
<b>Figura 3</b> – Consequências dos processos erosivos em orlas urbanas.....	<b>36</b>
<b>Figura 4</b> – Aspectos dos processos erosivos na orla de Macapá – Amapá.....	<b>39</b>
<b>Figura 5</b> – Fluxograma adotado para a caracterização da área de pesquisa.....	<b>42</b>
<b>Figura 6</b> – Técnica utilizada para as Estações de Monitoramento de Erosão – E.M.E na área de estudo.....	<b>45</b>
<b>Figura 7</b> – Secagem, destorroamento e peneiramento das amostras – LAGESOL.....	<b>49</b>
<b>Figura 8</b> – Indicadores e pesos considerados na avaliação do potencial de fragilidade da área de estudo.....	<b>53</b>
<b>Figura 9</b> – Síntese de procedimentos metodológicos adotados para a pesquisa....	<b>55</b>
<b>Figura 10</b> – Afloramentos rochosos na orla urbana de Ferreira Gomes – Amapá...57	<b>57</b>
<b>Figura 11</b> – Aspectos da várzea no setor 3.....	<b>58</b>
<b>Figura 12</b> – Erosão dos terraços no setor 1.....	<b>60</b>
<b>Figura 13</b> – Feições erosivas no setor 2.....	<b>63</b>
<b>Figura 14</b> – Materiais encontrados em amostras coletadas no perfil – setor 4.....	<b>69</b>
<b>Figura 15</b> – Croquis dos perfis pedológicos analisados na orla urbana e periurbana de Ferreira Gomes.....	<b>70</b>
<b>Figura 16</b> – Características da cobertura vegetal da área periurbana.....	<b>81</b>
<b>Figura 17</b> – Características da cobertura vegetal do setor 1.....	<b>82</b>
<b>Figura 18</b> – Recomposição vegetal durante a estação chuvosa no setor 4.....	<b>84</b>
<b>Figura 19</b> – Fotografia dos estilos residenciais sobre os terraços.....	<b>89</b>
<b>Figura 20</b> – Outras formas de uso e ocupação da área.....	<b>90</b>
<b>Figura 21</b> – Aspectos dos setores urbanos.....	<b>92</b>
<b>Figura 22</b> – Aspectos dos setores urbanos.....	<b>94</b>

<b>Figura 23</b> – Aspectos de alterações no setor 4.....	<b>96</b>
<b>Figura 24</b> – Habitações no setor 4.....	<b>98</b>
<b>Figura 25</b> – Transformações em curto prazo por evento extremo de chuva-vazão na orla urbana municipal.....	<b>100</b>
<b>Figura 26</b> – Comprometimento de estruturas sobre os terraços.....	<b>101</b>
<b>Figura 27</b> – Aspectos das transformações dos terraços.....	<b>103</b>
<b>Figura 28</b> – Grandes intervenções sobre os terraços fluviais.....	<b>105</b>
<b>Figura 29</b> – Obra de contenção de erosão implementada pelo poder público.....	<b>106</b>
<b>Figura 30</b> – Vista da área periurbana.....	<b>115</b>
<b>Figura 31</b> – Aspectos do recobrimento vegetal sob terraços fluviais, próximo à estação - setor 1.....	<b>117</b>
<b>Figura 32</b> – Evidências registradas próximo à estação – setor 1.....	<b>118</b>
<b>Figura 33</b> – Crescimento da vegetação próximo à estação - setor 2.....	<b>119</b>
<b>Figura 34</b> – Feições erosivas próximas à área da estação - setor 2.....	<b>120</b>
<b>Figura 35</b> – Aspectos do recobrimento vegetal na área da estação - setor 4.....	<b>121</b>
<b>Figura 36</b> – Aspectos registrados no Setor 3.....	<b>128</b>
<b>Figura 37</b> – Aspectos registrados na Área periurbana.....	<b>129</b>
<b>Figura 38</b> – Aspectos registrados no Setor 4.....	<b>131</b>
<b>Figura 39</b> – Aspectos registrados no Setor 2.....	<b>132</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

	<b>Pg.</b>
<b>Gráfico 1</b> – Médias mensais de vazão cotadas na estação fluviométrica de Coaracy Nunes de 1973 a 2006 – Trecho médio Araguari.....	<b>61</b>
<b>Gráfico 2</b> – Composição e variação das frações granulométricas dos perfis de solo na orla fluvial urbana de Ferreira Gomes.....	<b>72</b>
<b>Gráfico 3</b> – Variação dos parâmetros Matéria Orgânica e pH nos horizontes dos perfis analisados.....	<b>75</b>
<b>Gráfico 4</b> – Variação dos parâmetros Soma de Bases (SB) e Saturação por Bases (V) nos horizontes dos perfis analisados.....	<b>78</b>
<b>Gráfico 5</b> – Variação da disponibilidade de fósforo nos horizontes dos perfis analisados.....	<b>80</b>
<b>Gráfico 6</b> – Uso do solo na orla urbana de Ferreira Gomes – Amapá.....	<b>88</b>
<b>Gráfico 7</b> – Formas de uso do solo nos setores da orla urbana municipal.....	<b>91</b>

## LISTA DE MAPAS

	Pg.
<b>Mapa 1</b> – Localização da área de estudo: Município de Ferreira Gomes – Estado do Amapá.....	<b>21</b>
<b>Mapa 2</b> – Delimitação dos setores da faixa de orla de Ferreira Gomes – Amapá.....	<b>43</b>
<b>Mapa 3</b> – Localização das Estações de Monitoramento de Erosão – na área de estudo.....	<b>46</b>
<b>Mapa 4</b> – Localização dos perfis pedológicos selecionados para a pesquisa.....	<b>48</b>
<b>Mapa 5</b> – Delimitação do trecho de orla considerado para o levantamento das formas de uso e ocupação da área estudada.....	<b>51</b>
<b>Mapa 6</b> – Feições geomorfológicas e frequência dos processos erosivos no setor 1.....	<b>59</b>
<b>Mapa 7</b> – Feições geomorfológicas e frequência dos processos erosivos no setor 2.....	<b>62</b>
<b>Mapa 8</b> – Feições geomorfológicas e frequência dos processos erosivos no setor 3.....	<b>65</b>
<b>Mapa 9</b> – Feições geomorfológicas e frequência dos processos erosivos no setor 4.....	<b>66</b>
<b>Mapa 10</b> – Perfis pedológicos na orla urbana de Ferreira Gomes.....	<b>67</b>
<b>Mapa 11</b> – Formas de uso do solo na orla fluvial urbana de Ferreira Gomes – Amapá.....	<b>87</b>
<b>Mapa 12</b> – Taxas registradas nas estações de monitoramento de erosão.....	<b>112</b>
<b>Mapa 13</b> – Potencial de fragilidade a processos erosivos da orla fluvial urbana de Ferreira Gomes – Estado do Amapá.....	<b>126</b>

## LISTA DE QUADROS

	<b>Pg.</b>
<b>Quadro 1</b> – Parâmetros, métodos e laboratórios empregados nas análises das amostras de solo.....	<b>50</b>
<b>Quadro 2</b> – Taxas de erosão registradas em cada estação de monitoramento no período de julho de 2015 a junho de 2016.....	<b>111</b>
<b>Quadro 3</b> – Indicadores de fragilidade à erosão na orla fluvial urbana e área periurbana de Ferreira Gomes – AP.....	<b>124</b>
<b>Quadro 4</b> – Graus de fragilidade à erosão na orla fluvial urbana e área periurbana de Ferreira Gomes – AP.....	<b>125</b>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.1 Problema .....	19
1.2 Hipótese .....	19
1.3 Objetivo geral .....	19
1.4 Objetivos específicos.....	19
<b>2 A ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>21</b>
2.1 Localização Geográfica .....	21
2.2 Hidrografia .....	22
2.3 Geologia, Geomorfologia e Solos .....	22
2.4 Aspectos climáticos.....	23
2.5 Cobertura Vegetal .....	25
2.6 Uso e ocupação do solo .....	25
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>26</b>
3.1 Processos erosivos e os fatores controladores.....	26
3.2 Processos erosivos em orlas urbanas .....	35
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>41</b>
4.1 Reconhecimento e caracterização da área de estudo .....	41
4.2 Monitoramento de Erosão .....	44
4.3 Coleta e análise de amostras de solo.....	47
4.3.1 <i>Análises Laboratoriais</i> .....	49
4.4 Levantamento das formas de uso e ocupação da área de estudo .....	50
4.5 Identificação do potencial de fragilidade à processos erosivos.....	52
4.6 Elaboração dos produtos cartográficos.....	53
4.7 Organização e análise dos dados .....	54
<b>5 PROCESSOS EROSIVOS E FATORES CONTROLADORES NA ORLA FLUVIAL URBANA DE FERREIRA GOMES</b> .....	<b>56</b>
5.1 Aspectos geológicos e geomorfológicos da área estudada .....	56

<b>5.2 Aspectos morfológicos do solo</b> .....	66
<b>5.3 Aspectos granulométricos e químicos do solo</b> .....	71
5.3.1 <i>Granulometria</i> .....	71
5.3.2 <i>Matéria Orgânica e pH em H<sub>2</sub>O</i> .....	74
5.3.3 <i>Soma de Bases (SB) e Saturação por Bases (V)</i> .....	77
5.3.4 <i>Fósforo</i> .....	79
<b>5.4 Cobertura Vegetal</b> .....	81
<b>6 USO E OCUPAÇÃO DA ORLA FLUVIAL URBANA DE FERREIRA GOMES</b> .....	85
6.1 <b>Contextualização das formas de uso do solo</b> .....	86
6.2 <b>Caracterização dos impactos sobre a geometria dos taludes</b> .....	98
<b>7 POTENCIAL DE FRAGILIDADE A PROCESSOS EROSIVOS NA ORLA FLUVIAL URBANA DE FERREIRA GOMES - AP</b> .....	108
7.1 <b>Monitoramento de Erosão</b> .....	110
7.1.1 <i>Estação – área periurbana</i> .....	114
7.1.2 <i>Estação – setor 1</i> .....	116
7.1.3 <i>Estação – setor 2</i> .....	118
7.1.4 <i>Estação – setor 4</i> .....	120
7.2 <b>Potencial de fragilidade à erosão na orla fluvial urbana de Ferreira Gomes</b> .....	122
7.2.1 <i>Baixo potencial de fragilidade</i> .....	127
7.2.2 <i>Moderado potencial de fragilidade</i> .....	129
7.2.3 <i>Alto potencial de fragilidade</i> .....	131
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	135
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	137

## 1 INTRODUÇÃO

Diversos estudos têm demonstrado que a crescente ocupação dos espaços naturais pela expansão das cidades e o desenvolvimento de atividades econômicas derivadas deste processo colaboram com a geração de impactos negativos sobre o ambiente natural provenientes das atividades antropogênicas exercidas de maneira inadequada nestes locais.

Observa-se que um dos grandes fatores responsáveis pela degradação do ambiente natural está nas falhas nas etapas de planejamento e até mesmo na ausência destes estudos prévios, o que interfere na falta de conhecimento sobre o espaço receptor de tais alterações, promovendo limitações à elaboração de estratégias voltadas à minimização de impactos negativos e ao bom aproveitamento dos recursos da natureza em busca da maximização do bem estar social, tal como retratado por Castro (2008) e Falcão et al. (2005).

Neste contexto, a erosão dos solos têm se configurado como um dos mais graves problemas de ordem ambiental no mundo, cujas consequências podem ser percebidas no meio físico, biológico e, inclusive, no meio socioeconômico, pois afetam diretamente a sustentabilidade das atividades humanas, estejam elas no ambiente urbano ou rural (BOURAOUI; GRIZZETTI, 2014).

Quando ocorrem em orlas urbanas, porém, revelam problemáticas que envolvem os largos impactos de fenômenos naturais ou induzidos sob a influência dos sistemas humanos, diretamente relacionados com aspectos da expansão urbana desordenada e falta de gestão territorial no processo de ordenamento nestes espaços, bem como retratado por Ferreira (1999) e Jardim-Porto (2015).

Percebe-se então, que as faixas de orla ganham destaque na literatura científica por sua contextualização em ambientes considerados instáveis devido à atuação de mecanismos da própria dinâmica geomorfológica nestes locais, ganhando boa visibilidade devido à inserção humana neste contexto que, de acordo com Pedrosa (2013) e Uacane (2014), tornam-se elementos indissociáveis nesta perspectiva.

No Brasil, há relevância para estudos em orlas urbanas os quais destacam, em sua maioria, que as principais causas da aceleração de processos erosivos em

regiões costeiras estão relacionadas aos impactos promovidos pelas atividades humanas que são implementadas nestas áreas sem a consolidação de estratégias de planejamento eficazes.

Há consenso que tais ações de planejamento objetivadas a minimizar os impactos negativos decorrentes de tais atividades antrópicas, por não serem devidamente efetivadas, acabam causando prejuízos ao desenvolvimento das cidades, como bem discutido nos trabalhos de Espírito-Santo e Szlafsztein (2016), Muehe (2005) e de Souza (2009).

Tais processos atuantes em orlas urbanas marítimas ou fluviais configuram-se como fatores que contribuem com a vulnerabilização destas áreas (MAZZUCATO, 2014; MUEHE, 2005), onde se observa que o recuo da linha de costa é um fenômeno resultante da geodinâmica natural, mas que pode estar atrelado a fatores induzidos pelo nível de interferência humana nesses locais (COLTORI, 1997; HANSOM, 2001).

No Estado do Amapá, destacam-se os trabalhos de Matos et al. (2011), Santos et al. (2003a, 2003b, 2009), Silveira e Santos (2006), e Silva et al. (2011) sobre as modificações geomorfológicas na zona costeira amapaense, e os trabalhos de Silva-Dias (2011) e Santos (2010), os quais destacam mais especificamente, alguns processos erosivos que ocorrem na orla urbana do rio Amazonas, na cidade de Macapá, os quais implicam em problemáticas socioambientais dentre as quais é importante avaliar a influência antrópica nesta dinâmica de transformação do relevo.

Observa-se que em Ferreira Gomes, município amapaense com destaque por sua localização na bacia hidrográfica do rio Araguari e local de desenvolvimento desta pesquisa, podem ser identificados processos erosivos ocorrentes em vários pontos da orla fluvial urbana municipal ocupada de forma significativa.

Ao longo do trecho de orla evidenciado, nos taludes marginais, percebem-se elementos típicos de erosão pluvial e fluvial, tais como a ocorrência de sulcos e cicatrizes, além de subsidência seguida de colapso do solo em diversas partes, os quais têm criado grandes limitações para o uso sustentável da área mencionada.

Tais limitações criadas pelos fenômenos supracitados podem estar relacionadas às diversas formas de uso e ocupação que ocorrem na orla urbana municipal, o que permite que os processos erosivos contrastem com as atividades

antropogênicas, gerando impactos em várias escalas, inclusive no contexto do atual uso do solo no local citado, principalmente porque se identifica que a erosão ocorre com grande variação de intensidade e forma em diversas partes da região em estudo.

### **1.1 Problema**

Diante dos elementos supracitados, questionou-se como direcionamento fundamental para esta pesquisa: Quais fatores ocorrentes na orla urbana de Ferreira Gomes, no Estado do Amapá, contribuem com a atuação dos processos erosivos locais?

### **1.2 Hipótese**

Estimou-se que diversos fatores estivessem contribuindo com a evolução da problemática identificada no local de estudo, dentre os quais já referenciados pela literatura científica sobre a temática, como os fatores naturais e antrópicos.

Em meio aos fatores naturais, delegou-se ênfase para a atuação dos fatores controladores de processos erosivos como a Geomorfologia, a cobertura vegetal e as principais características físicas e químicas dos solos locais que, associados, podem contribuir com a fragilização da faixa de orla estudada frente aos fenômenos erosivos, promovendo a criação de zonas de vulnerabilidade com restrições ao uso do solo.

Da mesma maneira, destacou-se com relevância nesta perspectiva que entre os fatores antrópicos, o nível de intervenção humana na região investigada e o próprio contexto atual do uso do solo, ao promover modificações nas características naturais dos taludes, podem colaborar de forma significativa com o desenvolvimento do cenário identificado.

### **1.3 Objetivo geral**

Caracterizar e analisar a dinâmica dos processos erosivos na orla urbana de Ferreira Gomes, no Estado do Amapá.

### **1.4 Objetivos específicos**

- Caracterizar a atuação dos fatores controladores (geomorfologia, cobertura vegetal e solos) de processos erosivos na orla fluvial urbana de Ferreira Gomes;

- Contextualizar o uso atual do solo na área estudada;
- Apontar o potencial de fragilidade dos taludes aos processos erosivos na orla fluvial urbana municipal;

Com a finalidade de discutir os objetivos propostos, este trabalho segue apresentando seis seções as quais reúnem os principais resultados obtidos ao longo da pesquisa. Primeiramente, os resultados secundários recuperados para esta investigação são expostos na apresentação da área de estudo e suas principais características relacionadas aos seus fatores físicos e sociais.

Secundariamente, a revisão bibliográfica é apresentada com a definição dos principais conceitos relacionados à dinâmica de processos erosivos e sua atuação em áreas de orla, além da apresentação dos principais fatores controladores de erosão existentes e a forma que cada um atua na evolução do fenômeno estudado.

Na seção posterior à revisão bibliográfica os procedimentos metodológicos seguidos para a consolidação desta pesquisa são descritos, e as etapas organizadas para a correta obtenção de dados a fim de responder aos objetivos propostos nesta investigação são explanadas de forma individual.

Os resultados obtidos, por conseguinte, são apresentados e discutidos em três capítulos iniciando-se com a apresentação dos fatores controladores de erosão na área estudada, bem como os principais aspectos físicos locais identificados.

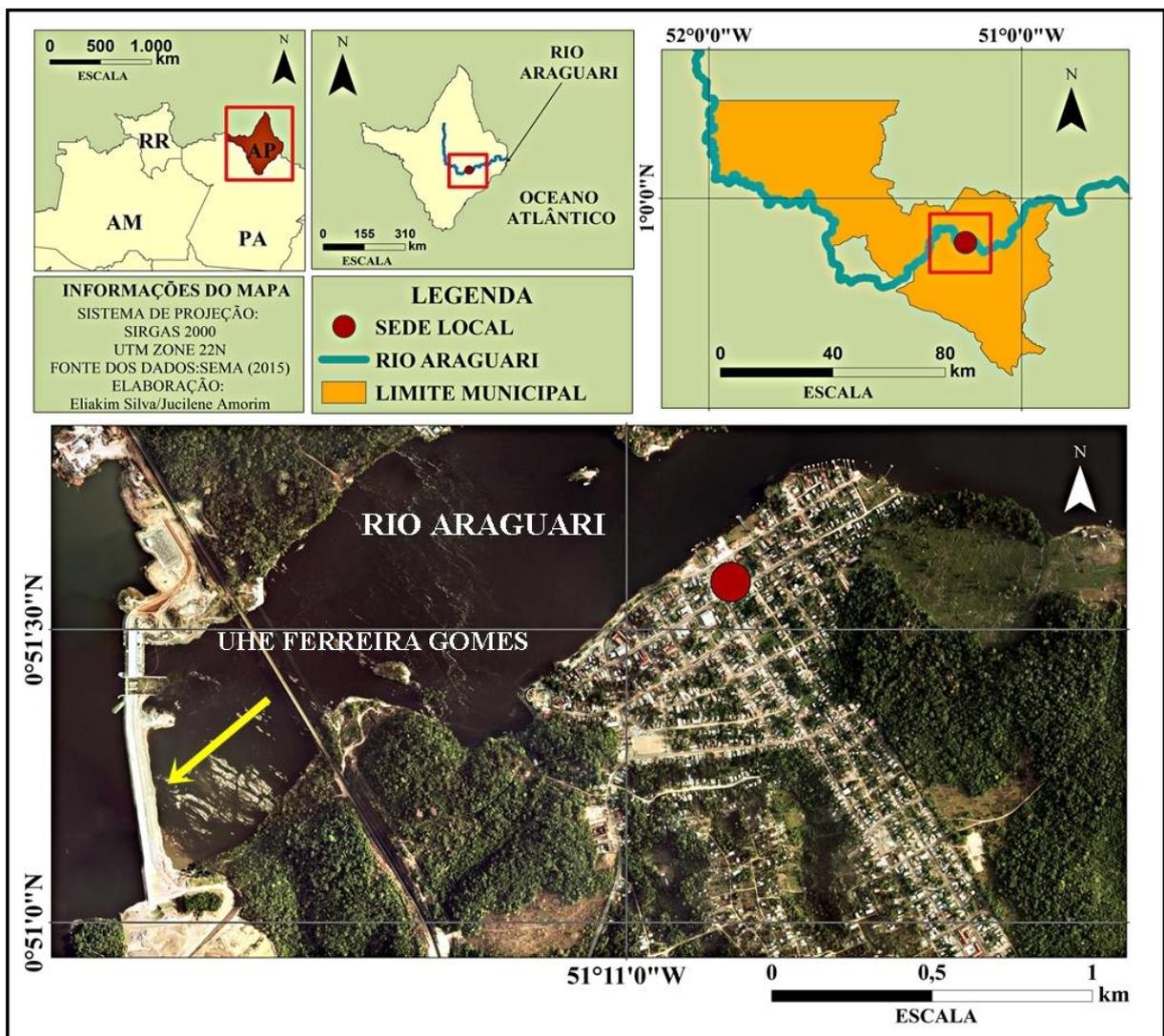
Em seguida, o capítulo sobre o uso e ocupação da orla fluvial urbana de Ferreira Gomes é discutido com o objetivo de identificar os principais aspectos da ação antropogênica local e sua relação com os processos erosivos monitorados. No último capítulo, por sua vez, são ponderados os diferentes graus de potencial de fragilidade a processos erosivos da área de estudo, os quais são demonstrados com a finalidade de apresentar a manifestação diferenciada da dinâmica geomorfológica local a partir da avaliação de indicadores físicos e sociais observados.

## 2 A ÁREA DE ESTUDO

### 2.1 Localização Geográfica

Localizado na mesorregião sul do Estado do Amapá, o município de Ferreira Gomes tem seu núcleo urbano situado nas coordenadas geográficas central  $51^{\circ}11'00''\text{W}$  e  $0^{\circ}51'30''\text{N}$  (Mapa 1), às margens do rio Araguari em seu curso médio, que segundo o Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá – IEPA (2008) trata-se de um rio que compõe um complexo sistema fluviolacustre amapaense.

**Mapa 1** – Localização da área de estudo: Município de Ferreira Gomes – Estado do Amapá



## **2.2 Hidrografia**

De acordo com Cunha et al. (2014) e Lima et al. (1974) o rio Araguari é a importante drenagem central da bacia hidrográfica homônima, classificada como exorréica, que ocupa aproximadamente 1/3 da área total do estado e cujo desague ocorre na planície costeira do Cabo Norte (CUNHA, 2001), no litoral norte brasileiro. A vazão fluvial média é de 1.500 m<sup>3</sup>/s, chegando a 4.000 m<sup>3</sup>/s em eventos extremos de chuva-vazão.

Oliveira et al. (2010) explica que a bacia do rio Araguari tem aproximadamente 37.648 km<sup>2</sup> de área, e sua drenagem principal é dividida em três trechos, a saber: Alto Araguari, de onde nasce na Serra do Tumucumaque; Médio Araguari caracterizado por muitas corredeiras, e o Baixo Araguari com aumento no número de meandros dada a diminuição em sua velocidade de escoamento até seu ponto de desague no oceano Atlântico.

O Sistema de Monitoramento Hidrológico da Agência Nacional de Águas - ANA indica que a referida bacia encontra-se cadastrada como componente do trecho Norte/Nordeste da bacia hidrográfica do Atlântico Norte, identificada como sub-bacia de número 30, no catálogo da agência citada (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2017).

## **2.3 Geologia, Geomorfologia e Solos**

Quanto aos demais aspectos físicos, observa-se que a área de estudo encontra-se na unidade geológica do Grupo Barreiras (IBGE, 2004a), caracterizada pela presença marcante de arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados de cores variegadas depositados em ambiente continental por sistemas fluviais, fluviolacustres e de leques aluviais com ocorrência de metamorfismo (Arqueano) de médio a baixo grau (TORRES; EL-ROBRINI, 2006).

Na mesma região, longas faixas possuem idade intermediária no âmbito das depressões da Amazônia Setentrional, associadas à complexos de relativa diversidade geológica que exibem rochas graníticas da Suíte Intrusiva Cupixi e sequências metavulcanossedimentares do Grupo Vila Nova, onde a geologia torna-se complexa com afloramentos gnaisse-graníticos e zonas de contato entre embasamento cristalino e terrenos sedimentares como na foz do igarapé do Prata, em sua confluência com o rio Araguari (GUERRA, 1952; IBGE, 2004a).

Os solos da região não apresentam boa disponibilidade de nutrientes, resultado de baixa fertilidade natural, balanço hídrico e condições de relevo (PERES et al., 1974) em uma zona classificada pelo IEPA (2008) como pertencente à transição dos domínios pedológicos Latossólicos e Concrecionário Lateríticos, que se destacam pela sua composição pedregosa e mineral com forte presença de sedimentos argilosos e argilo-arenosos provenientes de materiais do período Terciário, tais como os da formação Barreiras.

Conforme a classificação de IBGE (2004b), cujo mapeamento adotado encontra-se na escala de 1:750.000, a área urbana do município de Ferreira Gomes encontra-se em área recoberta predominantemente por Argissolos Vermelho-Amarelos.

De acordo com o órgão, as unidades são caracterizadas como de solos minerais relativamente intemperizados, não hidromórficos, na maioria das vezes, profundos com boa quantidade de poros, de bem a excessivamente drenados, com horizonte B textural e textura que varia de arenosa-média a média-argilosa, além de apresentar altos valores de silte na composição do solo.

Este tipo de solo encontra-se situado em domínio morfoestrutural de bacias sedimentares e coberturas inconsolidadas, comuns nos tabuleiros costeiros do Amapá com vastas superfícies de modelados de dissecação fluvial (IBGE, 2004c), onde também é possível identificar unidades de colinas do Amapá evoluídas de superfícies aplainadas do grupo Barreiras, cujo perímetro é drenado por boa densidade de rios e igarapés (BOAVENTURA; NARITA 1974).

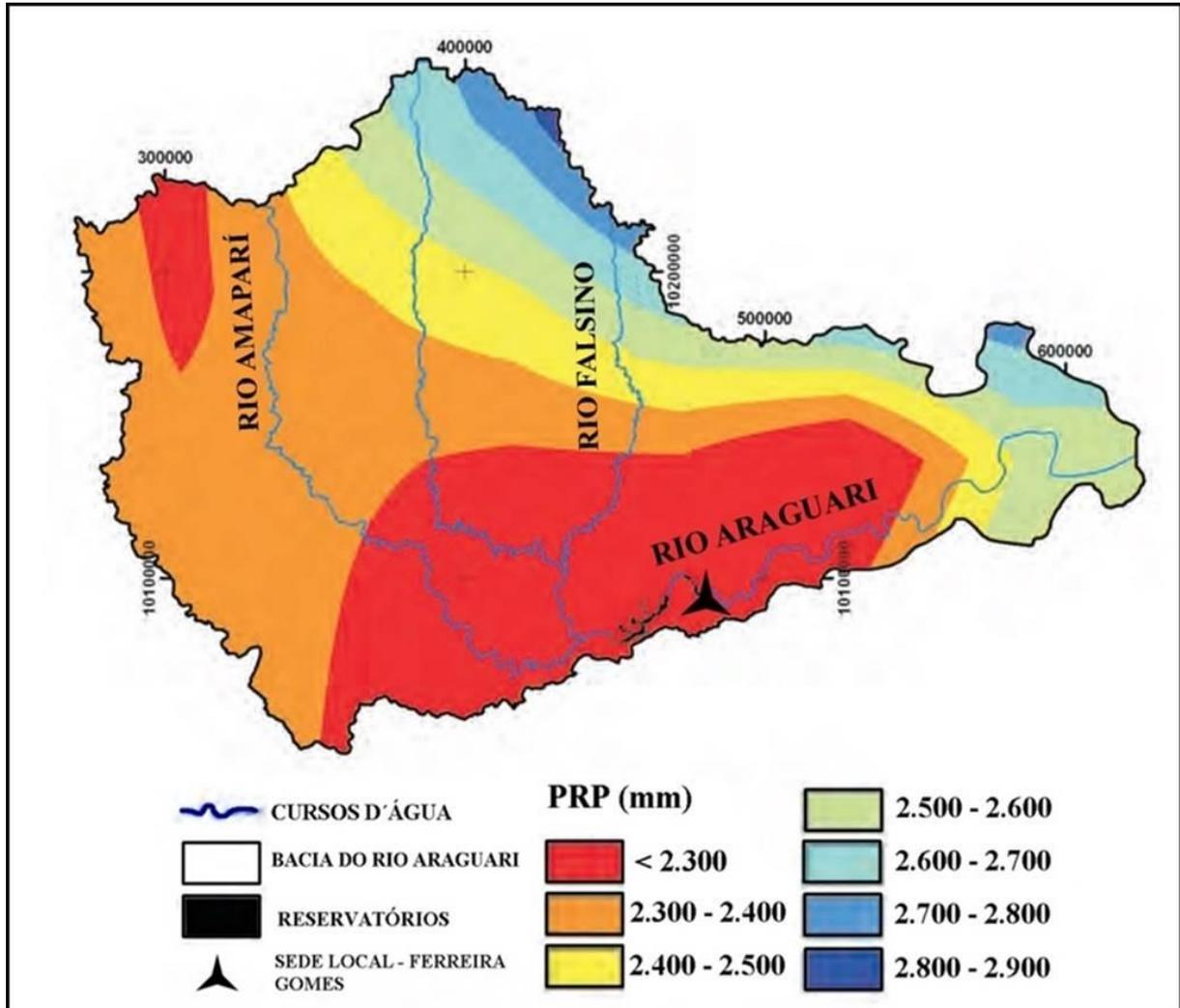
O relevo regional é caracterizado por formas de topos convexos e vertentes declividade suave, entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem pouco profundas. O relevo local onde as técnicas da pesquisa foram implantadas é caracterizado, por sua vez, por regiões de planície sujeita a inundações sazonais, e pela ocorrência de baixos terraços fluviais bem delimitados, com depósitos de colúvio transportados através das vertentes adjacentes a estas formações (IBGE, 2004c).

## **2.4 Aspectos Climáticos**

O clima definido para a região é equatorial quente-úmido (IBGE, 2004d), com registro anual de temperaturas do ar e médias pluviométricas que chegam,

respectivamente, a 27.5°C e 2.900 mm/ano, o que justifica a boa disponibilidade hídrica para a bacia do rio Araguari e a manutenção da vazão por meio da alta pluviosidade (Figura 1).

**Figura 1** – Bacia Hidrográfica do rio Araguari: Distribuição da precipitação pluviométrica total anual.



Fonte: Oliveira et al. (2010), modificado pelo autor.

Na região que abrange os limites da bacia, existe grande variabilidade espaço-temporal de precipitação pluviométrica que, de maneira geral, é mais intensa no período mais chuvoso (fevereiro a maio) concentrando 70% do total anual de precipitação (cerca de 2000 mm), enquanto que no período de maior estiagem (agosto a novembro) há grande diminuição nas taxas pluviométricas que caem para menos que 1000 mm na referida época do ano (OLIVEIRA et al., 2010).

## **2.5 Cobertura Vegetal**

De acordo com IBGE (2004e) a vegetação do presente no município é diversificada, apresentando áreas características de floresta ombrófila densa de terras baixas e floresta ombrófila transicional de cerrado, além de áreas de cerrado florestado com eucalipto e, em especial, áreas de cerrado com floresta de galeria.

A composição vegetal da orla urbana, por sua vez, é tipicamente secundária com alguns fragmentos de vegetação primária na área periurbana, cujas características são semelhantes às de áreas de transição dos biomas cerrado/várzea amazônica, sem a presença de fauna de grande porte conforme apresentado pelo Plano Diretor do Município de Ferreira Gomes (FERREIRA GOMES, 2013).

## **2.6 Uso e ocupação do solo**

O Plano Diretor do Município de Ferreira Gomes (FERREIRA GOMES, 2013) esclarece ainda que, nos limites da orla urbana municipal, predominam três tipos de uso intenso do solo tais como, o uso habitacional com a presença de residências em alvenaria e madeira de um ou mais pavimentos, oferta de serviços do poder público por meio de escolas, prédios administrativos e áreas de lazer, além do uso comercial com bares, restaurantes e hotéis.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Processos erosivos e os fatores controladores

Cunha (2008), Guerra e Botelho (1996, 2001), Guerra (2011, 2016) e Guerra e Jorge (2012) são alguns dos autores que explicam que a erosão é um processo natural caracterizado pela remoção e transporte de partículas do solo, onde em escala geológica não chega a causar problemas no ambiente, originando degradação apenas quando ocorre de maneira acelerada.

Este fenômeno tem sua gênese no momento em que as forças que removem e carregam o material erodido são maiores do que àquelas que tendem a resistir à remoção (GUERRA; CUNHA, 2008), promovendo assim a transformação das linhas da paisagem terrestre comprometendo, muitas vezes, o desenvolvimento de diversas atividades antropogênicas devido à forma e intensidade com que evoluem.

Definida também como um dos principais processos atuantes na formação dos solos (LEPSCH, 2010), a erosão é uma ação natural que ocorre no meio ambiente cujo desenvolvimento é geralmente lento e gradual, decorrente de transformações no relevo e vegetação durante a evolução terrestre (RODRIGUES et al., 2011), podendo ser acelerada pelas atividades humanas causando a rápida degradação dos solos, e conseqüentemente graves impactos socioambientais (GUERRA; JORGE, 2012; GUERRA, 2016).

Pesquisas sobre a natureza destes fenômenos geomorfológicos têm sido desenvolvidas em vários países do mundo, principalmente em regiões que apresentam características que favorecem o desencadeamento de problemáticas com a erosão do solo, tais como as propriedades climáticas, pedológicas e fitogeográficas.

O empenho em conhecer os mecanismos atuantes neste fenômeno geomorfológico ganhou no mundo todo o auxílio de poderosas ferramentas com a utilização de sensores remotos, scanners, sistemas de modelagem preditiva e espectroscopia, os quais proporcionam análises cada vez mais precisas sobre o funcionamento desta dinâmica do relevo terrestre como demonstrando nas pesquisas de Aiello et al. (2015), Beskow et al. (2009), Conforti et al. (2013), Jiamei Sun et al. (2016), Rahman et al. (2009), Vinci et al. (2015) e de Xu et al. (2015).

Na China, há destaque para trabalhos sobre a erosividade da chuva, erodibilidade do solo e outros fatores que influenciam a ocorrência de processos erosivos (XIAO et al., 2015; WEI et al., 2014), bem como estudos que versam sobre as mudanças no uso do solo que o tornam vulnerável, favorecendo a atuação de intempéries (WANG et al., 2016).

Na Índia, evidenciam-se pesquisas relacionadas à variabilidade morfológica de sistemas fluviais a partir de fatores naturais e/ou antropogênicos que modificam o fluxo de energia e o equilíbrio dinâmico do sistema geomorfológico (BAWA et al., 2014; KUMAR et al., 2010).

Neste país, também são proeminentes os trabalhos voltados à consolidação de métodos eficazes ao zoneamento de setores vulneráveis à erosão hídrica por meio da utilização de parâmetros relacionados às características naturais e antrópicas do ambiente, responsáveis por alterações perceptíveis em linhas de costa e na morfologia do terreno (BARBIÉRO et al., 2007; BANDYOPADHYAY et al., 2014).

Há consenso entre os pesquisadores que este fenômeno geomorfológico denominado de “erosão” manifesta-se na transformação do relevo terrestre em três principais naturezas motivadas por agentes diferentes: a erosão costeira, a erosão fluvial e a erosão pluvial, fenômenos estes que possuem grande capacidade de alteração morfológica do relevo em diversas escalas.

A erosão costeira, força atuante na transformação da morfologia litorânea, tem chamado atenção por ser uma problemática global com impactos em extensas faixas de orla urbanizada, as quais aumentaram consideravelmente, principalmente após a década de 1970, com a elevação das taxas de urbanização que ocorreu de maneira desordenada em vários países do mundo (LINS-DE-BARROS, 2005).

Um processo com larga ocupação de orlas marítimas, as quais são zonas de intensas transformações resultantes da atuação de agentes naturais como as tempestades e as correntes marítimas, além da própria ação humana, que permitem que os efeitos dos processos erosivos tomem dimensões muito maiores, como é defendido pelos trabalhos de Houser et al. (2008), Snoussi et al. (2009), Anthony (2013) e Silva et al. (2013).

Lins-de-Barros (2005) esclarece que, visando a mitigação de algumas dessas problemáticas, o gerenciamento costeiro ganhou destaque no Brasil com a

emergência de problemas semelhantes aos supracitados relacionados à erosão no litoral do país, que atualmente tem recebido o auxílio de pesquisas voltadas ao monitoramento destes processos que ocorrem nessas áreas consideradas como uma das feições mais dinâmicas do planeta terra.

A autora ressalta que é importante compreender os processos físicos envolvidos neste problema, tão quanto é necessário observar as condicionantes que criam dimensões maiores nos processos erosivos na linha de costa, como as construções inadequadas erguidas no espaço dinâmico de praias, a fim de averiguar a natureza de fenômenos erosivos naturais e/ou induzidos que assinalam a dinâmica geomorfológica desses locais.

No Estado do Amapá alguns trabalhos tem se destacado nesta temática, tais como os estudos de Santos et al. (2003a, 2003b, 2009), Silveira e Santos (2006), Matos et al. (2011) e Silva et al. (2011), os quais demonstram através de análises multitemporais específicas, aspectos da dinâmica geomorfológica da região que compreende a planície costeira amapaense.

Essas pesquisas tem destacado a natureza de processos e modificações geomorfológicas no litoral do Amapá ao longo dos anos a partir de comparações de dados orbitais tomados em diferentes períodos dos locais estudados, os quais tem dado suporte para a continuidade de estudos na região sobre esta temática.

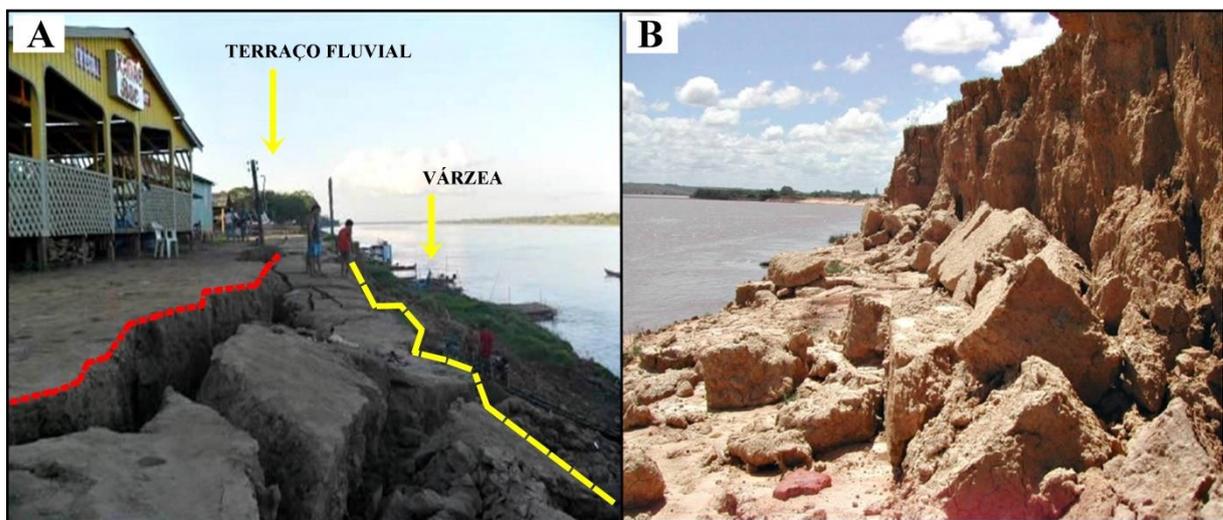
Tão emblemática quanto a erosão costeira, a erosão fluvial, por sua vez, caracterizada por Cunha (2008) como processo integrante da dinâmica dos rios cujo fluxo depende principalmente da velocidade e turbulência do escoamento hídrico nas drenagens, também é outro processo morfodinâmico que tem recebido a contribuição de pesquisas que se destacam ao versar sobre a erosão marginal em curso de rios.

Este fenômeno em seções fluviais, muitas vezes causam impactos sociais e prejuízos financeiros devido a danos em terrenos cultiváveis em áreas agrícolas, “desvalorização das terras ribeirinhas, comprometimento ou destruição de estruturas de engenharia próximas ao leito do canal fluvial”, além de contribuir consideravelmente para o processo de assoreamento de canais fluviais como destacado por Holanda et al. (2007, p.88).

As “terras caídas” são bons modelos dos efeitos de desagregação promovidos pela água nesta perspectiva dos processos erosivos atuantes nos sistemas fluviais (Figura 2), pois o desbarrancamento das margens, o qual o termo “terras caídas” se refere, é iniciado com a remoção de sedimentos que compõem os barrancos que margeiam o rio, provocando o solapamento de estruturas ribeiras, caracterizadas pelo deslocamento de massa para dentro das drenagens pela ação da gravidade.

Sternberg (1998) define esse fenômeno de ablação das margens considerando a força da correnteza sobre os taludes, aliada à retirada de vegetação produtora de raízes fixadoras do solo, cuja ausência contribui com o destacamento das margens, seguida do escalonamento em degraus, que subitamente escorregam para dentro dos rios gerando recuo da linha de costa.

**Figura 2** – As terras caídas no contexto dos processos erosivos fluviais



Fonte: Labadessa (2011) e Bandeira (2005), modificado pelo autor.

Este fenômeno pode ser acelerado consideravelmente com a alternância entre fluxos turbulentos que promovem dentro dos rios modificações de velocidade, onde há ocorrência de turbilhonamento hídrico capaz de desestruturar e movimentar partículas conforme aumento da vazão do rio, o que conseqüentemente culmina com o solapamento de terraços nas planícies fluviais como indicam Holanda et al. (2007) e Cunha (2008).

Este processo pode ser potencializado por causas naturais e antrópicas como, por exemplo, o estilo fluvial, o gradiente topográfico, o uso do solo das margens e o rompimento do equilíbrio longitudinal através da construção de obstáculos no leito

dos rios, tal como aspectos destacados nos trabalhos de Filho e Quaresma (2011), Merino et al. (2013), Rodrigues et al. (2014) e Santos e Pinheiro (2002).

Não obstante, bem como a erosão costeira e fluvial, observa-se que a erosão pluvial é também resultado da atuação de fatores semelhantes aos já citados na dinâmica de processos erosivos.

Guerra e Botelho (1996, 2001) e Guerra (2011, 2016) explicam que este tipo de erosão está relacionado aos fenômenos que ocorrem no domínio da drenagem por meio da descarga líquida proveniente das chuvas que percolam nos horizontes do solo e/ou escoam horizontalmente na vertente, transportando sedimentos finos e grosseiros por longos caminhos até a sua chegada em sistemas de deposição.

Logo, se a erosão costeira e a erosão fluvial, respectivamente, são ações comuns de transformação do relevo em áreas litorâneas pela ação marítima, e em bacias hidrográficas pela vazão das drenagens, por outro lado a erosão pluvial, é caracterizada por fenômenos que ocorrem em encostas pela ação da descarga líquida proveniente das chuvas ao percorrer caminhos naturais na declividade do relevo terrestre conforme defendem Guerra e Cunha (2008) e Guerra (2011,2016).

Dentre as formas destes processos erosivos que ocorrem em encostas, grande parte das pesquisas sobre esta temática diz respeito principalmente à erosão laminar, em ravinas e em voçorocas por suas consequências diretas relacionadas ao aproveitamento agrícola do solo, dos recursos hídricos e dos ambientes urbanos onde estas formas de entalhamento do relevo comumente são encontradas, gerando grandes impactos socioambientais tal como apresentado nas pesquisas de Farinasso et al. (2006) e Souza e Gasparetto (2012).

Oliveira et al. (2014) explica que tais fenômenos que exibem no relevo diversas formas de entalhamento são bastante influenciados por diversos fatores conhecidos como controladores, constituídos como elementos responsáveis por regular a forma, a magnitude e a temporalidade com que os processos erosivos irão surgir e evoluir.

A cobertura vegetal sobre o solo, a erosividade da chuva, a erodibilidade do solo por meio de sua composição física e química, e a ação humana, por exemplo, são alguns dos fatores mais conhecidos na literatura científica que influenciam diretamente na modelação do relevo terrestre (GUERRA; CUNHA, 2008).

A importância que a vegetação desempenha na regulação de processos erosivos tem sido alvo de análise de pesquisas no mundo todo. Ao longo dos anos, com o desenvolvimento de estudos sobre o assunto, percebeu-se que a vegetação funciona como um mecanismo de proteção do solo contra o impacto hidráulico da água da chuva.

Dessa maneira, consagra-se a cobertura vegetal como elemento de forte relação com as taxas de erosão encontradas no relevo, e a retirada deste elemento da paisagem de forma total ou parcial revela-se como fonte de grandes impactos ambientais, como destacado por Zhongming et al. (2010), Kateb et al. (2013), Zhang et al. (2015), Jiamei Sun et al. (2016) e Zhou et al. (2016), que entre outros autores, explicam o desempenho da vegetação na redução do escoamento hídrico no solo, atenuando a erosão em plataformas e encostas.

Por esses fatores, Hupp e Osterkamp (1996) e Termini (2013), entre outros referendam a importância da cobertura vegetal na configuração dos processos de modelagem da paisagem, com significativo desempenho na estabilidade geomorfológica dos sistemas fluviais no contexto do gerenciamento de bacias hidrográficas.

Verifica-se que o recobrimento vegetal facilita a percolação profunda da água, dificultando processos de erosão em superfície atuantes através do escoamento hídrico que promovem o carreamento de sedimentos do solo, o que pode viabilizar a perda da fertilidade natural e a constituição de formas erosivas catastróficas como as voçorocas, entre outros impactos ambientais destacados nas pesquisas de Nicolau et al. (1996), Parsons et al. (1996) e Zhou et al. (2016).

A precipitação, por outro lado, também se revela como um fator de grande influência sobre o regime de perda de solos tão quanto à cobertura vegetal (BONILLA; VIDAL, 2011), dada sua característica denominada de erosividade, a qual se trata do poder da chuva em erodir o solo, conforme explicação de Shen et al. (2016).

Isso ocorre principalmente devido à desagregação de partículas superficiais que acontece no momento em que as gotas de chuva atingem o solo dado o seu potencial mecânico que é intensificado principalmente se o solo estiver exposto conforme demonstração de Eltz et al. (2001), Marques et al. (1997) e Strak et al. (2011).

Mahmoodabadi e Sajjadi (2016) e Ochoa et al., (2016) esclarecem ainda que, a declividade das encostas é outro importante fator que não deve ser desconsiderado neste contexto, pois vertentes íngremes associadas a fortes padrões de chuvas tendem a apresentar maior descarga de sedimentos no colúvio e conseqüentemente, processos erosivos mais intensos.

No Brasil, alguns estudos têm sido exponenciais na busca por evidências de taxas diferenciadas de erosão de acordo com a variação de intensidade pluviométrica e vulnerabilidade do solo, os quais possibilitam a produção de dados essenciais ao planejamento e manejo de conservação do solo.

Cita-se de forma oportuna, os trabalhos de Oliveira et al. (2012a, 2012b), Schick et al. (2014a; 2014b) e Valvassori e Back (2014), que entre outros, versam sobre a natureza do potencial erosivo das chuvas com estimativas de perda de solos por meio de modelos logarítmicos como a *Universal Soil Loss Equation - USLE*.

As características físicas e químicas do solo, por sua vez, que interferem na dimensão com que os processos erosivos evoluem nas vertentes também se configuram como um bom elemento integrante da dinâmica da paisagem no contexto das relações pedogeomorfológicas (MARTINS et al., 2007).

Ruiz-Colmenero et al. (2013) exemplificam isso argumentando sobre a fixação de carbono orgânico no solo e sua capacidade de criar estabilidade nos agregados de modo a interferir na ocorrência de processos erosivos, bem como Santos et al. (2013) elucidam que os atributos físicos e químicos do solo são importantes ao equilíbrio da dinâmica das drenagens quando analisada a coesão dos barrancos de margem e sua vulnerabilidade a processos fluviais.

Neste contexto, devido a consideráveis proporções que a ação geoquímica cria na elaboração do modelado geomorfológico, chegando a interferir na viabilidade da ocupação humana e suas atividades no espaço geográfico, a determinação do balanço das taxas de intemperismo químico e remoção dos solos (VILLELA et al., 2015) é importante e devem priorizar, de maneira específica, o estudo das variáveis físicas e químicas envolvidas nos processos erosivos para a obtenção de resultados mais bem delineados, tal como avaliado por Huber e Souza (2013) e Júnior et al. (2014).

Tais aspectos são necessários à determinação da erodibilidade do solo, a qual é definida por Aquino et al. (2013) e Wang et al. (2013) como a característica

pedológica relacionada ao potencial de perda de material por ação de fenômenos exógenos.

Tais fenômenos reagem com os atributos do próprio solo tais como, a estrutura física e a natureza química do mesmo, interferindo nos padrões de controle e perda de sedimentos conforme ocorre o escoamento hídrico e as reações entre os elementos presentes no processo (ENRIQUEZ et al., 2015), conferindo a este fator relevada estima dada sua possibilidade de interferência em atividades econômicas como a agricultura.

A ação humana, por sua vez, tratada como outro fator controlador de erosão, situa-se entre os principais elementos transformadores das feições morfológicas da terra que possuem impactos consideráveis a curto, médio e longo prazo nas condições naturais do meio ambiente.

Isso ocorre principalmente porque o ser humano tem a capacidade de interferir no equilíbrio dos sistemas geomorfológicos a partir de alterações no nível de base local, tais como, por exemplo, a construção de represas e a desertificação ocasionada por desmatamento acelerado em extensas áreas de boa cobertura vegetal, além de ser capaz também de provocar demais alterações relacionadas às atividades provenientes dos diversos tipos de uso do solo (FILHO; QUARESMA, 2011).

A construção de barramentos em rios, neste contexto, configura-se como um grande mecanismo de modificação no equilíbrio e estabilidade dos sistemas fluviais, causando impactos em cadeia nos lugares onde são construídas e, até mesmo, nas regiões adjacentes, conforme defesa de Coelho (2008), Filho e Quaresma (2011) e Provansal et al. (2014). De acordo com estes autores, um dos impactos mais frequentes encontrados nas drenagens, onde as represas são construídas, é a modificação na corrente d'água devido ao rompimento do equilíbrio longitudinal dos rios.

Tal modificação acaba causando novos padrões de entalhamento de margens, favorecendo a ação de agentes de erosão fluvial com a gênese de zonas de rápida erosão progressiva, ao mesmo tempo que favorece a elevação das taxas de assoreamento, ao longo da bacia hidrográfica, fenômeno gerado pela diminuição da

vazão hídrica e conseqüente aceleração do processo de deposição de sedimentos no leito dos rios (COELHO, 2008).

Da mesma maneira, a rapidez com que ocorre a ocupação urbana nas faixas de orla de modo intenso e desordenado devido à existência de fracos mecanismos de regulamentação do uso adequado do solo, também se torna um fator preponderante para a aceleração dos processos erosivos naturais e do desenvolvimento de fenômenos induzidos pela ação antropogênica tal como ressaltado por Castro (2008), Ferreira (1999), Morais (2009) e Rodrigues et al. (2014).

Além de não possibilitar a ampliação das perspectivas de redução dos impactos socioambientais provenientes da ocupação desordenada, estes fatores limitadores do uso sustentável das orlas restringem também o desenvolvimento das potencialidades fruto de atividades econômicas, influenciando a qualidade de vida, o bem estar social e a saúde ambiental (TORRES et al., 2014).

Considerar que o ser humano, através de suas ações, é capaz de modificar consideravelmente o meio ambiente chegando a interferir no equilíbrio dos sistemas naturais pelas atividades socioeconômicas desenvolvidas, torna-se um fator fundamental ao estudo geomorfológico sobre a dinâmica de processos erosivos analisados sob a perspectiva dos fatores controladores e suas relações específicas geradoras destes fenômenos.

Botelho e Silva (2010), Guerra e Mendonça (2010) e Guerra e Marçal (2012) chamam a atenção nesse sentido para o fato de que para além do conhecimento dos aspectos físicos, a elaboração de metodologias específicas para os estudos sobre erosão não deve descartar a influência antrópica na análise dos processos associados a estas problemáticas ambientais, visto que os sistemas humanos são responsáveis por grande parte das alterações na natureza.

Neste contexto, é possível entender através destas abordagens sobre a referida temática que, tais pesquisas dedicadas ao aprofundamento destes estudos sobre erosão inserida atualmente no contexto das grandes problemáticas ambientais, são de interesse geral, pois ajudam a enfrentar um fenômeno gerador de grandes impactos socioeconômicos e ambientais acarretados pela dinâmica de processos erosivos (RICKSON, 2014; SCHOUMANS et al., 2014).

Todavia, são fenômenos de grande impacto sobre as atividades humanas que ainda carecem de investigações contínuas de forma a proporcionar análises mais bem detalhadas que esclareçam as principais características deste processo que age sob o domínio de diversos agentes controladores naturais, mas que podem ter caráter induzido por meio de atividades antrópicas.

### **3.2 Processos erosivos em orlas urbanas**

Estudos voltados à erosão em orlas urbanas sejam elas marítimas ou fluviais, tem possibilitado a compreensão das implicações decorrentes da ação humana na ocupação das faixas de orla, que são zonas consideradas instáveis por permanecerem vulneráveis a diferentes mecanismos originados da dinâmica geomorfológica a qual evolui no meio modificado pelas diferentes atividades humanas.

Sabe-se, contudo, que os efeitos manifestados no meio ambiente provenientes de atividades antropogênicas aliados a múltiplas variáveis naturais, precisam ser bem conhecidos para a tomada de decisões que estejam pautadas na mitigação ou controle dos mesmos.

É necessário, para tanto, o crescente aprofundamento científico de maneira a buscar ampliação deste debate e a superação de dificuldades para a ciência, tais como a escassez de estudos sistemáticos por meio da correlação de dados que, de certa forma, se configura como um grande obstáculo para as pesquisas sobre temáticas socioambientais.

O estudo de Pedrosa (2013), por exemplo, corrobora com esta discussão ao versar que a dinâmica de processos erosivos atuantes sobre grande parte da costa noroeste de Portugal tem contribuído com o agravamento da vulnerabilidade das orlas urbanas locais com grandes impactos sociais, econômicos e ambientais na região.

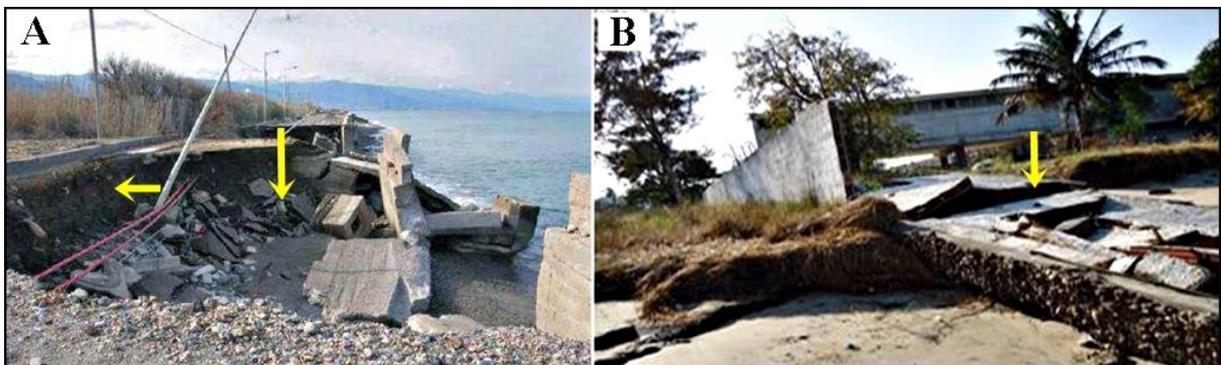
Nestes lugares a presença humana contrasta com o recuo da linha de costa da plataforma litoral que avança sobre o continente, revelando zonas de tensão ambiental e econômica, principalmente aquelas que envolvem áreas de pressão urbana originadas sem a consolidação dos planos de ordenamento territorial que, por sua vez, criaram zonas de risco, pois reúnem atividades antrópicas em regiões

que a dinâmica costeira é expressiva (COLTORI, 1997; HANSOM, 2001; PEDROSA, 2013).

Mazzucato (2014) e Uacane (2014) atestam semelhante situação para as orlas em situação de urbanização na Itália e Moçambique, respectivamente, cujas estratégias de gestão para estas áreas costeiras compreendem um sistema complexo e dinâmico, no qual os processos naturais e as atividades humanas interagem resultando na modificação de características geomorfológicas locais.

Conforme Uacane (2014), a erosão intensa de grande parte da orla marítima da cidade da Beira em Moçambique avança sobre zonas que se localizam grandes bairros urbanos, criando uma faixa muito vulnerável à erosão costeira. De acordo com a autora, também é expressiva a destruição de infraestruturas diversas locais como casas e calçadas gerando impactos ambientais, sociais e econômicos, motivados principalmente pela ocupação desordenada do espaço, resultante da exploração do local para fins habitacionais em áreas propensas a modificações de curto e longo prazo, como as faixas de orla (Figura 3).

**Figura 3** – Consequências dos processos erosivos em orlas urbanas



Legenda: A - Estrada litorânea na Itália; B - Cidade da Beira em Moçambique. Fonte: Mazzucato (2014) e Uacane (2014), modificado pelo autor.

Magalhães e Maia (2010) referindo-se ao rio Neiva em Portugal, explicam que, tão quanto às orlas marítimas, as orlas fluviais se inserem igualmente nestes aspectos da dinâmica geomorfológica supracitados, cuja linha de costa se transforma constantemente e em velocidades diversas devido à atuação de processos erosivos de margem, resultantes da constante busca pelo equilíbrio natural que o rio realiza em seu curso.

Neste estudo, além das forças naturais atuantes sobre o mecanismo erosivo de taludes marginais, foram considerados elementos importantes na análise de fenômenos geomorfológicos deste segmento. Tomou-se como base o desenvolvimento de atividades antrópicas ocorridas próximo ao local de estudo, o tipo de material presente no leito do canal, a cobertura vegetal das margens e os mecanismos de erosão atuantes, que possibilitaram compreender a interação entre as atividades realizadas na faixa de orla estudada e o aumento do risco de erosão gerado, sobretudo, pela supressão da vegetação local que criou instabilidade na linha de costa e intensificação de mecanismos erosivos.

No Brasil, há bom destaque para estudos sobre as transformações do ambiente costeiro devido à intensificação do recuo da linha de costa pela erosão marinha em regiões que se encontram assentamentos humanos como povoados, vilas e cidades. Neste sentido, Muehe (2005) explica que, com mais de 8000 km de extensão e ocupação absoluta relativamente baixa, com pouco mais de 30 milhões de habitantes vivendo em municípios costeiros, é na região onde se encontram as capitais do litoral e demais cidades com maiores densidades demográficas nas proximidades que a erosão costeira ganha evidência devido ao grande nível de interferência humana nesses locais.

Souza (2009) esclarece que as pesquisas sobre esta temática no Brasil são relativamente recentes, sobretudo do início da década de 1990, mas já chegaram a um nível de detalhamento suficientemente grande para possibilitar a identificação dos principais fatores naturais e antrópicos responsáveis pela movimentação desta dinâmica geomorfológica.

Muehe (2005), por exemplo, esclarece que 80% das causas de erosão costeira com impactos sobre as atividades humanas, são atribuídas às próprias modificações viabilizadas pelos seres humanos que são implementadas nestas áreas, cujo nível de intervenção ambiental pela ocupação e urbanização do meio natural costeiro interfere no balanço sedimentar marítimo em decorrência da construção de estruturas diversas em zonas de retrogradação.

Assim, o processo de ocupação desordenada das áreas de orla, cujas modificações derivadas deste processo ocorrem com grande intensidade sobre as estruturas naturais, cria fragilidades nestes ambientes afetando negativamente o aproveitamento das potencialidades oferecidas por estas áreas para o

desenvolvimento de atividades humanas tal como ressaltado por Jardim-Porto (2015), Morais (2009) e Neto e Fernandes (2015).

Alguns estudos têm, nesse sentido, sido realizados para a elaboração de planos que viabilizem a gestão do litoral brasileiro de forma integrada, que perpassam pelas esferas municipal, estadual e federal na tentativa de promover o uso sustentável dos ambientes costeiros.

Estas formas de gestão e ordenamento, embora voltadas para as orlas marítimas, buscam a minimização dos impactos decorrentes da utilização inadequada dos recursos naturais e dos perigos e riscos promovidos por essas limitações, incentivando melhorias na qualidade ambiental em ambientes costeiros, citando-se como exemplo o Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (MMA, 2002) que gerou incentivo à elaboração de planos municipais para a recuperação das faixas de orla em várias regiões brasileiras.

Percebe-se que, de uma maneira geral, na literatura geomorfológica brasileira as pesquisas sobre os efeitos dos processos erosivos especificamente em áreas urbanas fluviais têm ocorrido com menor proporção em relação às pesquisas sobre os mesmos fenômenos em áreas marítimas urbanizadas (SALGADO, 2008), ainda que Dias (2011) e Holanda et al., (2001) esclareçam que o desencadeamento de impactos negativos pela erosão de margens de rios podem ser tão severos quanto os provocados pela erosão costeira marítima.

Nestas áreas, sejam elas zonas de retrogradação marítima ou fluvial, é comum perceber que as atividades socioeconômicas presentes nestes locais encontram-se expostas a processos naturais que criam condições de vulnerabilidade na faixa de orla tornando-se fatores de grande impacto negativo ao desenvolvimento das cidades conforme tratado por Espírito-Santo e Szlafsztein (2016).

No Amapá, poucos trabalhos ganharam destaque nesta temática, ainda que sejam percebidas problemáticas com erosão de margens fluviais em bacias hidrográficas no estado, como a bacia do rio Araguari e do rio Oiapoque. Macapá, capital estadual situada na margem esquerda do rio Amazonas, por exemplo, possui longas faixas de orla urbanizada, onde a dinâmica de processos erosivos atuantes, nesta área, também têm se revelado uma problemática de difícil gerenciamento pelo poder público municipal.

Silva-Dias (2011) e Santos (2010) explicam que no perímetro urbano da orla da cidade de Macapá, a qual é de jurisdição da Marinha brasileira, há o desenvolvimento de diversas atividades inadequadas que confrontam a legislação vigente sobre essas áreas que exibem cenários de fragilidade ambiental caracterizada por processos erosivos dos taludes marginais da orla, e assoreamento de canais de drenagem urbana que desaguam no local, junto ao rio Amazonas.

Santos (2010) observa que é importante avaliar neste cenário a influência antrópica na dinâmica de transformação do relevo, pois a supressão da mata ciliar, a construção de casas e desenvolvimento de outras atividades econômicas na orla de Macapá, são alguns dos elementos responsáveis por mudanças nas características do solo que favorecem a intensificação de processos erosivos (Figura 4).

**Figura 4** – Aspectos dos processos erosivos na orla de Macapá – Amapá



Legenda: A - Orla do Jandiá; B - Orla do Aturiá. Fonte: Silva-Dias (2011) e Santos (2010), modificado pelo autor.

O Plano de intervenção da orla estuarina de Macapá (PMM, 2006), definiu alguns dos maiores impactos existentes na orla, vinculados em sua grande parte à ocupação desordenada da área, na qual a erosão se desenvolve próximo a regiões de aglomeração humana de forma gradativa, gerando ambientes de ameaça à vida humana que exigem cuidadosa atenção do poder público para a criação de políticas públicas que possibilitem o remanejamento da população residente no local.

A partir destas discussões fica claro que os processos erosivos atuantes sobre orlas urbanas podem decorrer de múltiplos fatores para que evoluam e/ou se intensifiquem a ponto de provocar desequilíbrios entre as boas condições ambientais

do espaço geográfico e a sustentabilidade das atividades humanas que nele ocorrem.

No entanto, para que este fenômeno seja compreendido e possibilite a criação de planos e medidas voltadas ao gerenciamento desta problemática, é necessário crescente aprimoramento das pesquisas voltadas ao assunto, com o intuito de fomentar a catalogação e difusão de dados essenciais ao planejamento urbano-ambiental para que possam tornar as faixas de orla menos vulneráveis à ação humana, e a organização das atividades antropogênicas menos limitadas frente aos fenômenos erosivos atuantes sobre as linhas de costa.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a elaboração desta investigação sobre a dinâmica de processos erosivos na orla urbana no município de Ferreira Gomes – Estado do Amapá, foram adotados procedimentos que pudessem conduzir à obtenção adequada de informações sobre a referida temática, como a recuperação de dados secundários disponíveis para a área em estudo, tais como mapas, gráficos e tabelas sobre o meio natural, físico e antrópico, além da procura por literatura específica voltada a estudos sobre a dinâmica de processos erosivos.

Objetivou-se agrupar em um banco de dados registros sobre as principais características físicas da área de estudo, tais como referentes à geologia, geomorfologia, pedologia e hidrografia, além dos dados de precipitação e vazão disponíveis para a área estudada. A incorporação destes dados à pesquisa tornou-se essencial porque subsidiaram a realização do estudo em concordância com os objetivos propostos e fundamentaram as análises que deram origem às principais considerações sobre as problemáticas levantadas.

Os trabalhos de campo, por sua vez, essenciais à obtenção dos demais dados do trabalho, foram divididos metodologicamente em quatro principais fases sequenciais, iniciando-se com a fase de reconhecimento e caracterização da área em estudo, seguida da instalação das estações de monitoramento de erosão, da coleta de amostras para análise do solo e do levantamento das formas de uso e ocupação da área de estudo.

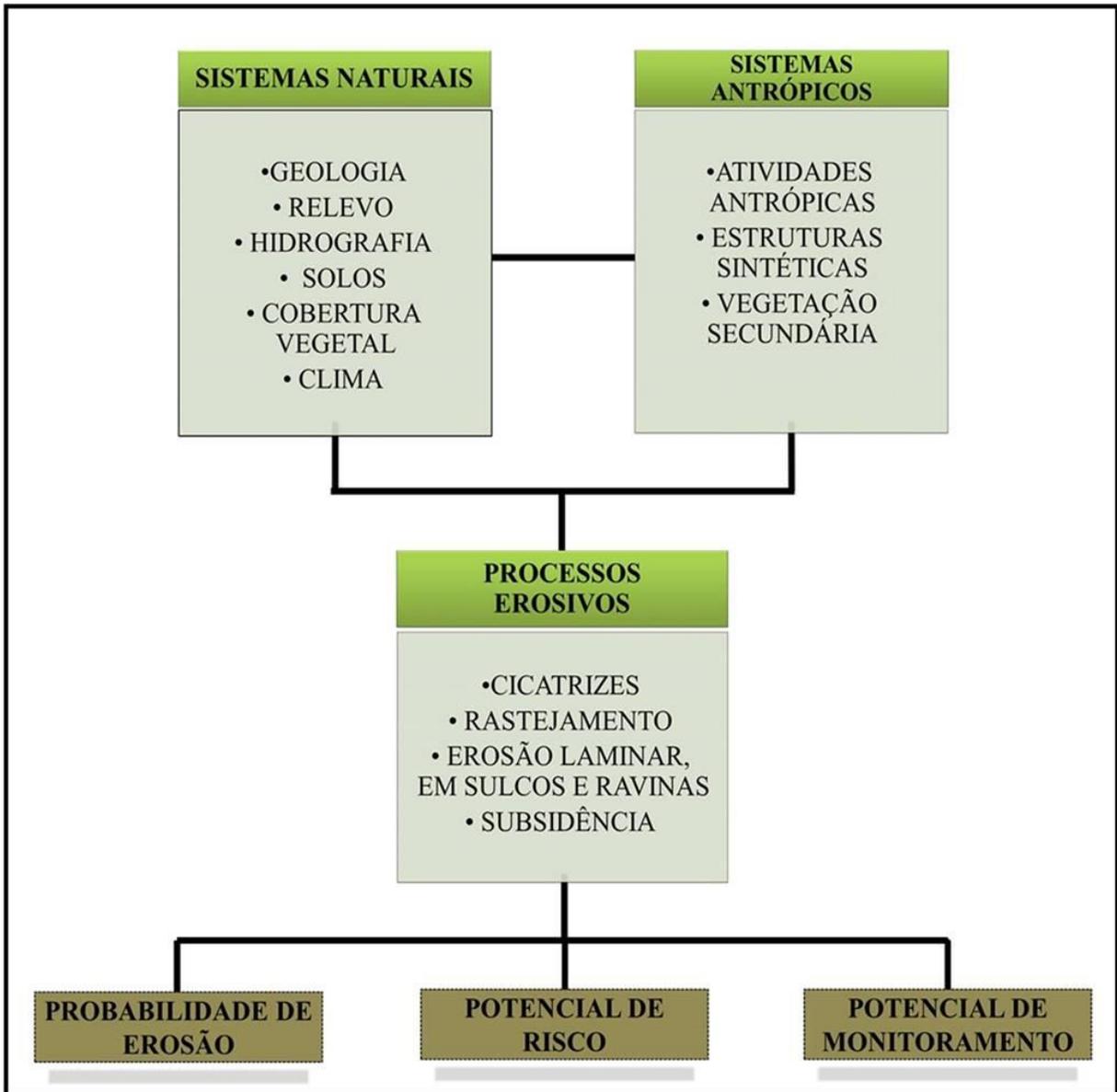
As pesquisas em campo foram organizadas desta forma para dar suporte ao levantamento de informações voltadas à identificação do potencial de fragilidade ao desenvolvimento de processos erosivos e sua relação com fatores controladores atuantes sobre a área em estudo, o que se revelou essencial para a estruturação das técnicas e utilização dos instrumentos que embasaram a pesquisa.

### **4.1 Reconhecimento e caracterização da área de estudo**

Para a caracterização prévia da área da pesquisa, a orla urbana foi percorrida em sua totalidade, e durante a investigação houve a tomada de anotações em uma planilha de campo dividida em três dimensões (sistemas naturais; sistemas antrópicos; e processos erosivos), treze subdimensões (geologia, relevo, hidrografia, solos, cobertura vegetal, clima, atividades antrópicas, estruturas sintéticas,

vegetação secundária, cicatrizes, rastejamento, erosão laminar, em sulcos, ravinas e subsidência) e três categorias gerais de análise (probabilidade de erosão; potencial de risco; potencial de monitoramento) (Figura 5).

**Figura 5** – Fluxograma adotado para a caracterização da área de pesquisa



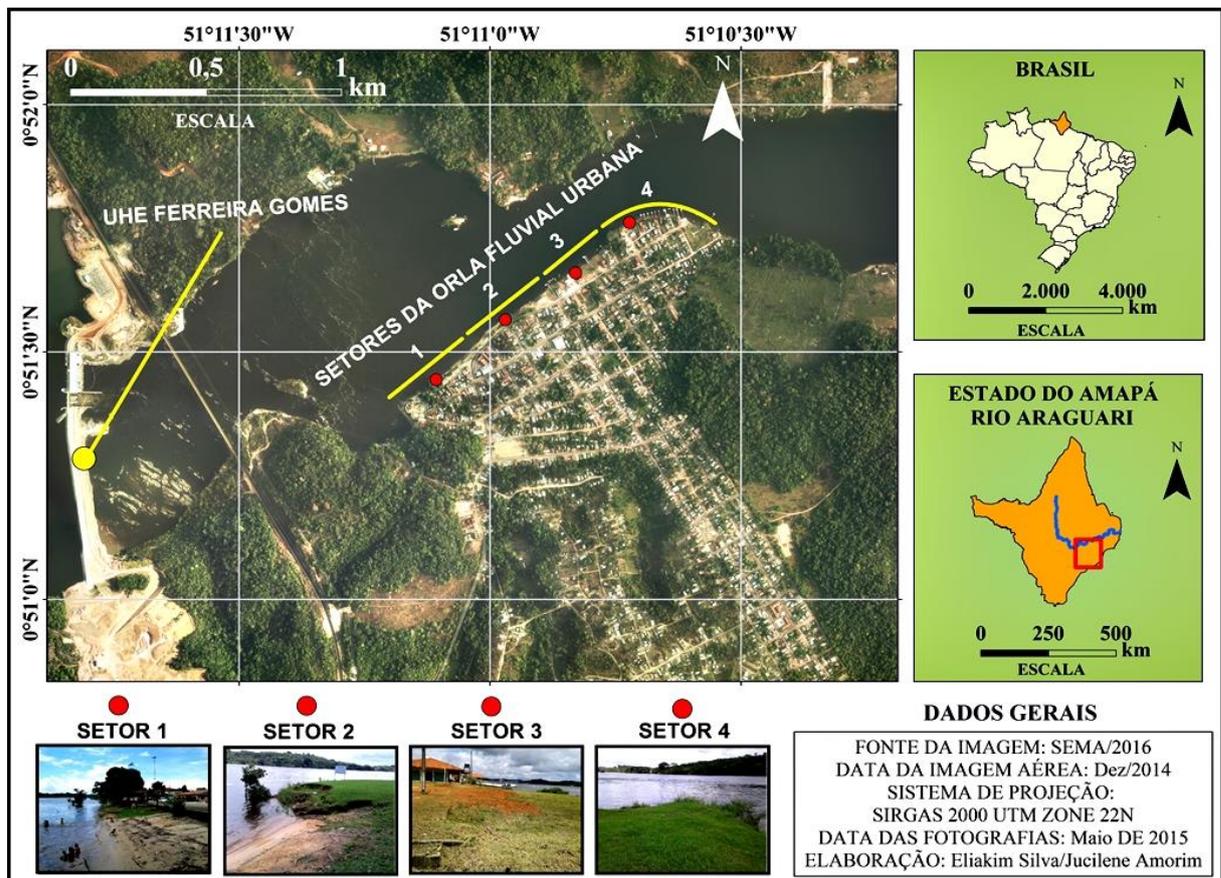
Fonte: o autor, 2017.

Este fluxograma demonstrado na Figura 5 serviu como auxílio metodológico na etapa de caracterização da área investigada em vista de viabilizar a busca por fatores controladores de erosão e a implantação das técnicas da pesquisa na área de estudo. Foi adotado, portanto, como recorte espacial a faixa de orla municipal a partir da delimitação do perímetro urbano da mesma (Mapa 2), identificado através do intenso uso e transformação da paisagem.

Ao final desta primeira etapa, a análise dos atributos encontrados permitiu a segmentação da orla urbana em setores de acordo com suas especificidades, visando assim comportar maior lógica na implantação, coleta de dados e comparação entre as técnicas implantadas para o estudo de processos erosivos locais.

Para dividir a faixa de orla em setores urbanos foram consideradas feições da fisiografia da paisagem, em que aspectos como a geomorfologia, a geologia e o nível de atividades antrópicas tiveram grande relevância no âmbito desta segmentação, que foi executada a partir da observação local e interpretação de mapas temáticos de Geologia, Geomorfologia, Solos e Vegetação da área.

**Mapa 2** – Delimitação dos setores da faixa de orla de Ferreira Gomes – Amapá



O trecho estudado foi segmentado em quatro setores a partir de características registradas que os diferenciam entre si. Estas subdivisões foram denominadas de setor 1, setor 2, setor 3 e setor 4. Esta forma de subdivisão foi realizada com o principal objetivo de viabilizar as duas técnicas que foram

escolhidas como norteadoras desta investigação, visando responder aos objetivos inicialmente propostos: o monitoramento de erosão e as análises de amostras de solo coletadas na área de estudo.

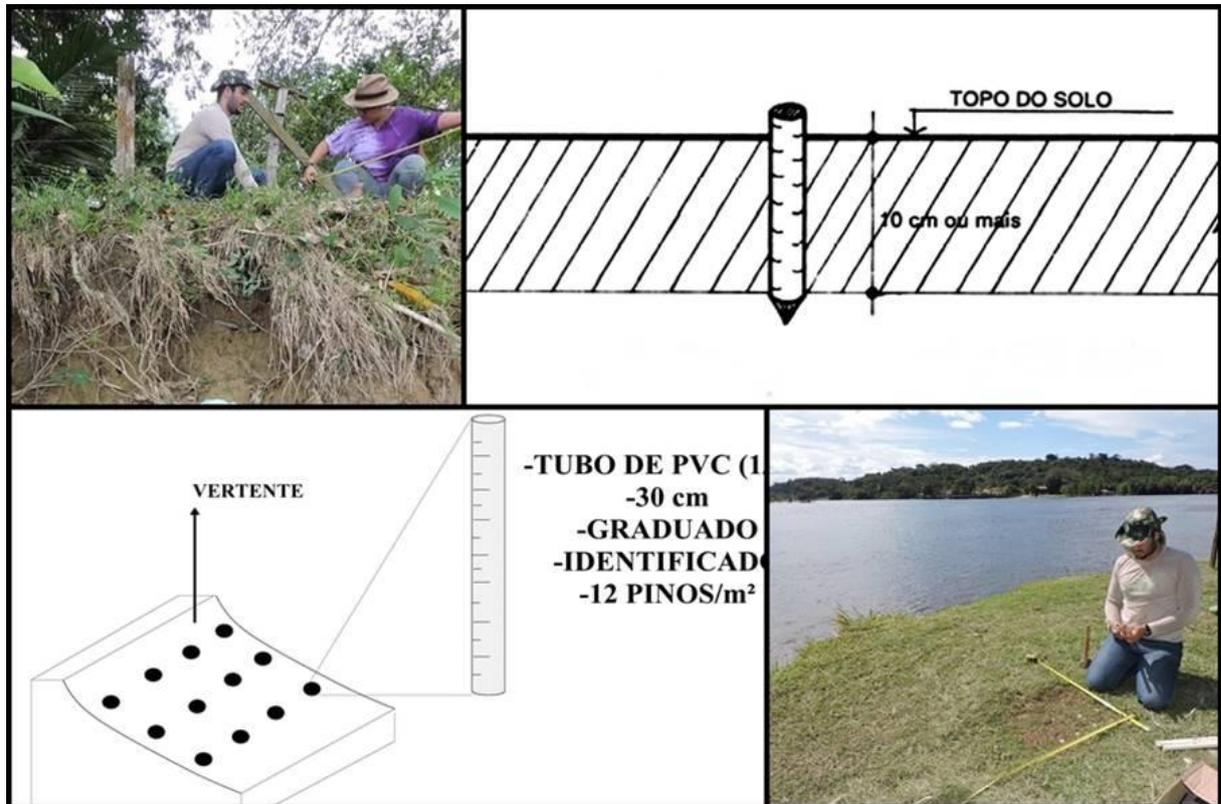
#### **4.2 Monitoramento de Erosão**

O monitoramento de erosão superficial foi realizado por meio da técnica de plotação de pinos na vertente a partir de uma adaptação do trabalho de Guerra (2005). As estações experimentais foram construídas de acordo com procedimentos especificados pelo autor e implantadas em pontos escolhidos na faixa de orla urbana de Ferreira Gomes após a divisão da mesma em setores e seleção dos pontos com potencial de monitoramento.

Trata-se de experimentos de baixo custo projetados com simetria no tamanho das parcelas e fixação de pinos de tamanhos iguais no solo que possibilitam análises sobre aspectos da erosão superficial no local e nas proximidades onde são montadas.

Foram projetadas ao todo quatro estações de monitoramento de erosão para o desenvolvimento dos experimentos, uma para cada setor de orla urbana. As estações projetadas tiveram, por sua vez, tamanhos com áreas absolutas de 1m<sup>2</sup> cada, em que cada um destes experimentos contaria com a instalação de pinos enterrados no solo na parcela escolhida, também dispostos de forma igual, em sequencia simétrica como apresentado na Figura 6.

**Figura 6** – Técnica utilizada para as Estações de Monitoramento de Erosão – E.M.E na área de estudo

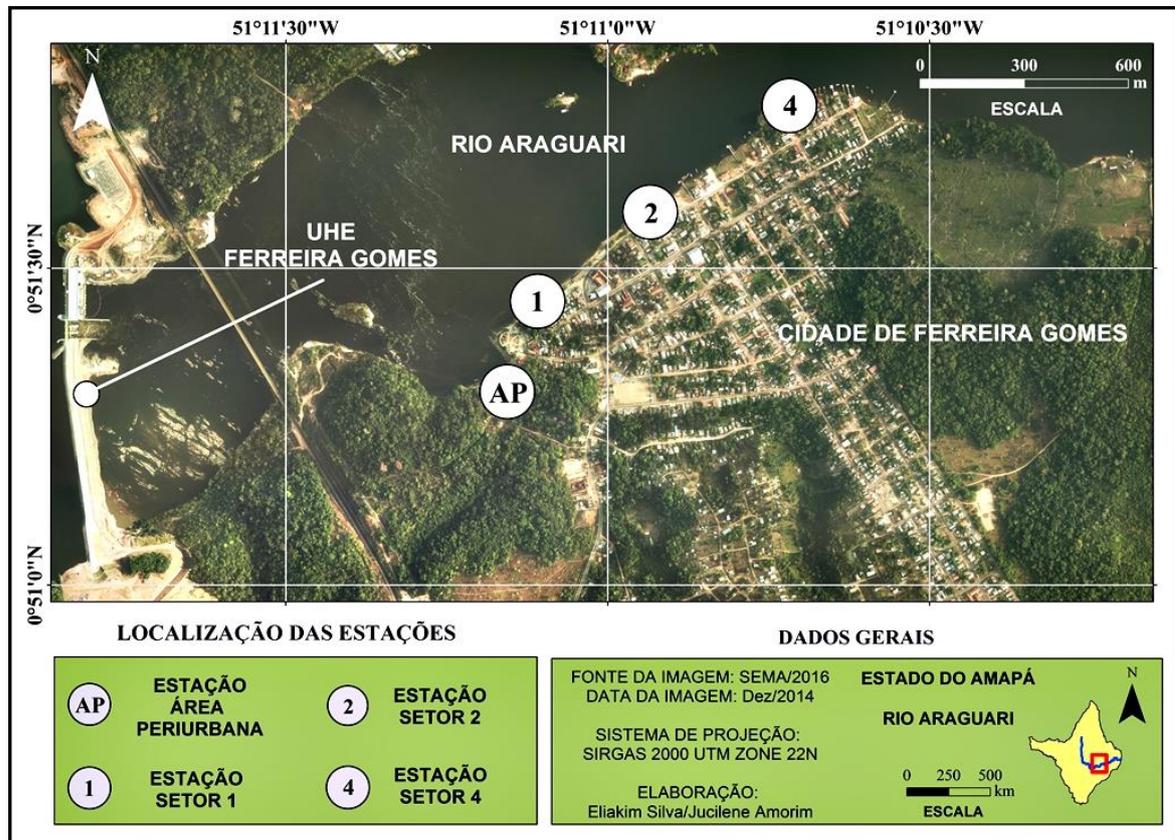


Fonte: Guerra (2005) e trabalho de campo.

Em laboratório, foram preparados pinos de 30 centímetros de comprimento, feitos de tubo de PVC de meia polegada, os quais foram graduados a cada  $\frac{1}{2}$  e 1 centímetro e identificados com objetivo de facilitar a coleta de dados, além de serem envernizados para criar proteção no material contra as intempéries. Assim, após a preparação dos materiais que foram utilizados na construção das estações, se realizou as saídas a campo para a estruturação das mesmas no mês de julho de 2015.

Porém, devido à inviabilidade de fixar a técnica de um dos setores, o setor 3, o qual apresentou área não indicada para a implantação do experimento pelas condições de má drenagem do solo, optou-se pela instalação da estação experimental para outro local, denominado de área periurbana (Mapa 3).

**Mapa 3** – Localização das Estações de Monitoramento de Erosão – na área de estudo



Esta estratégia foi adotada para permitir avaliação entre as estações construídas no perímetro de orla urbana com declividades pouco acentuadas (3% – 8%) e de intenso uso, com a estação da área periurbana, situada em relevo de vertentes mais acentuadas (26%), pouco alterada pela população local, e por condições de recobrimento vegetal em sua melhor fase na área de estudo.

Assim, os três experimentos implantados nos setores urbanos se diferenciam da Estação – Área Periurbana na quantidade de pinos plotados em suas áreas porque possuem parcelas maiores, cuja proporção no número de pinos foi mantida em relação ao experimento implantado na Área Periurbana, a fim de possibilitar comparação entre os padrões encontrados entre os pontos amostrados.

A estação – área periurbana foi instalada em uma seção com área total de 0,25m<sup>2</sup>, cuja parcela contou com uma série de 6 pinos de 30 cm dispostos entre si em dimensões iguais.

Todas as demais estações experimentais (estação – setor 1, estação – setor 2 e estação – setor 4), por outro lado, foram construídas em seções de 1m<sup>2</sup> cada, com

12 pinos de 30 cm dispostos entre si também de maneira semelhante, em sequencia simétrica, com proporção no número de pinos para possibilitar a comparação entre taxas encontradas em todas as estações implantadas na região.

Após a fixação e o georreferenciamento das estações nas vertentes, os experimentos tiveram suas cotas zeradas na tabela de registro das taxas e os mesmos foram monitorados mensalmente entre os meses de julho de 2015 a junho de 2016 abrangendo, portanto, dois períodos climáticos distintos na região: o de estiagem nos seis primeiros meses do experimento, e o período chuvoso nos demais.

O monitoramento de erosão ocorreu durante o período de um ano, com a tomada de nota do nível de cada pino nas estações, para que ao fim do trabalho os números coletados pudessem servir de base para projeções sobre as transformações ocorridas no solo do local por meio do carreamento de sedimentos sobre a superfície através de mecanismos de erosão superficial.

Para realizar a inferência dos números obtidos em cada estação, cada pino que foi identificado em séries, foram medidos e os dados tabulados. Após a medição e conversão destes dados para a unidade padrão de mm/m<sup>2</sup>, a medida de cada pino foi somada e projetada sobre a área através da seguinte média simples:

$$DE = \frac{P1 + P2 + P3 + P[...] }{Np} \text{ mm/m}^2$$

Onde, *DE* é o Dado de Erosão por estação que se deu pela soma da medição tomada de cada pino na unidade de milímetros (*P* = pino), dividido pelo número de pinos da parcela (*Np*), que gera um resultado em milímetros por metro quadrado de cada estação da orla urbana.

### **4.3 Coleta e análise de amostras de solo**

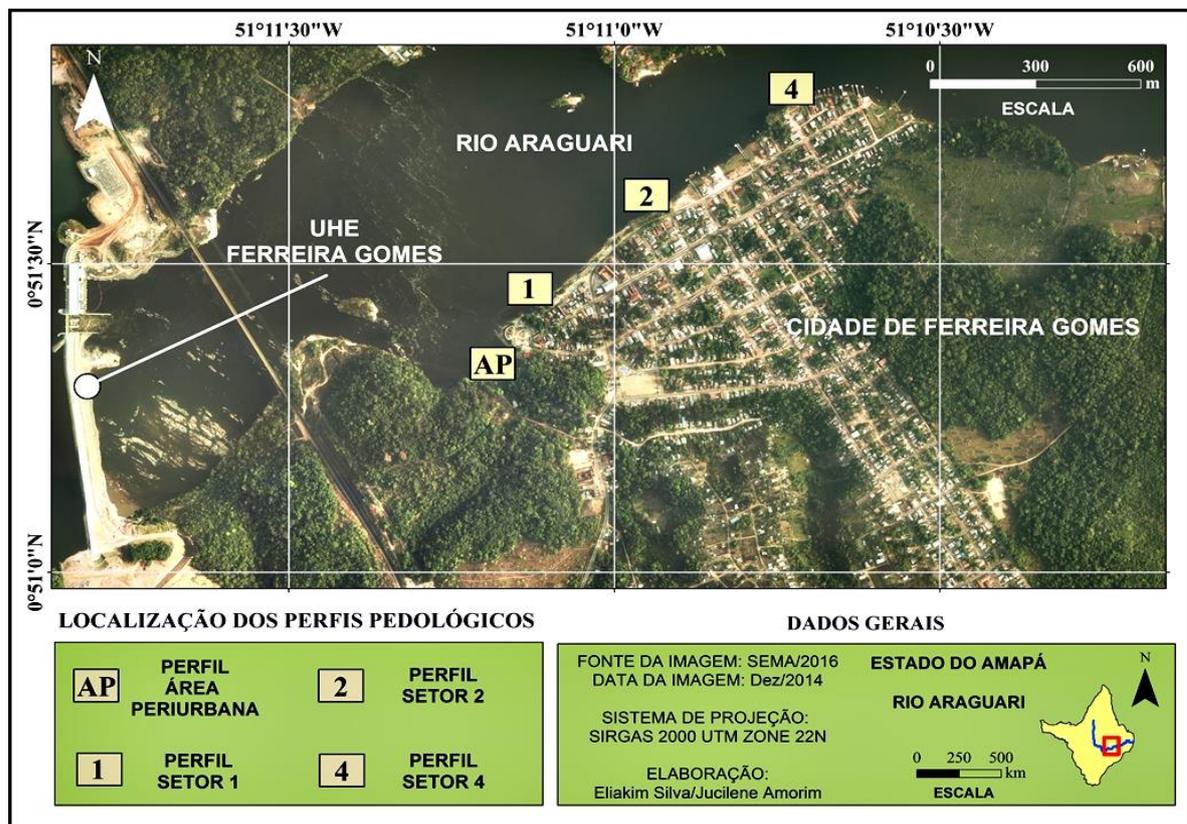
As análises morfológicas, granulométricas e químicas do solo que ocorreram após a implementação da técnica de monitoramento de erosão, necessária à caracterização de perfis pedológicos nas proximidades dos experimentos para a identificação das propriedades morfológicas, granulométricas e químicas do solo.

Os trabalhos de campo para a execução desta atividade foram realizados no mês de novembro de 2015, e as áreas escolhidas para a delimitação dos perfis

pedológicos respeitaram a proximidade com a área utilizada para a implantação dos experimentos de monitoramento de erosão e com as áreas dos terraços fluviais que apresentaram sinais proeminentes de erosão.

As características ambientais que impediram a implantação da estação de monitoramento de erosão projetada para o setor 3 também impediu que houvesse o estudo das características do solo local através da delimitação de perfis pedológicos seguida de coleta de amostras para análises em laboratório. Assim, procedeu-se com a seleção de perfis na área periurbana, no setor 1, no setor 2 e no setor 4, totalizando quatro perfis pedológicos escolhidos para apreciações desta pesquisa (Mapa 4).

**Mapa 4** – Localização dos perfis pedológicos selecionados para a pesquisa



Após a seleção dos locais adequados para a caracterização dos solos, nos barrancos da margem direita do rio Araguari, houve a limpeza, a medição, a delimitação e a descrição morfológica dos horizontes pedológicos encontrados conforme orientações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (1997) e Lemos e Santos (2002), bem como a identificação das cores de solo a partir da carta de Munsell (2000) que ocorreu por comparação.

Após o processo, as amostras foram acondicionadas individualmente em recipientes próprios, identificadas e agrupadas por perfil pedológico delimitado. Após o este procedimento, as amostras foram transportadas do município de Ferreira Gomes até o *campus* da Universidade Federal do Amapá – UNIFAP, para o Laboratório de Geomorfologia e Solos – LAGESOL, local onde foram registradas e submetidas aos demais preparos necessários para análises laboratoriais sobre a composição física e química de cada amostra.

#### 4.3.1 Análises Laboratoriais

Após o armazenamento do material coletado nos principais horizontes pedológicos identificados para a realização de análise granulométrica e química por meio de ensaios laboratoriais, as amostras foram secas ao ar no fim do mês de novembro de 2015.

Após a secagem, o material coletado também foi destorroado e peneirado individualmente no decorrer do mês de dezembro de 2015 com o auxílio de peneiras com malha de 2 mm no âmbito do Laboratório de Geomorfologia e Solos – LAGESOL da Universidade Federal do Amapá – UNIFAP (Figura 7), e posteriormente foram encaminhadas e analisadas no Laboratório de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária no Amapá – EMBRAPA.

**Figura 7** – Secagem, destorroamento e peneiramento das amostras – LAGESOL



Fonte: o autor, 2017.

No Laboratório de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária no Amapá – EMBRAPA, as amostras receberam tratamento específico a fim de viabilizar a adoção de parâmetros e métodos laboratoriais específicos para análise do material coletado conforme apresentado no Quadro 1 e discutido por Embrapa (1997) e Ribeiro (1999).

Foram realizados ensaios de granulometria e fertilidade no material colhido. Nestas análises, destacaram-se aspectos relativos aos nutrientes, tais como matéria orgânica e fósforo, e referentes às frações de areia, silte e argila presentes nos sedimentos encontrados em cada horizonte identificado nos perfis delimitados.

**Quadro 1** – Parâmetros, métodos e laboratórios empregados nas análises das amostras de solo

PARÂMETRO	MÉTODOS	EQUIPAMENTOS	LABORATÓRIOS/INSTITUIÇÕES
C. orgânico	Walkley-Black	Volumetria	Solos/ Embrapa
P. disponível	Extrator Mehlich-1	Colorimetria	
Na <sup>+</sup> e K <sup>+</sup> trocáveis		Fotometria de chama	
Ca <sup>2+</sup> e Mg <sup>2+</sup> trocáveis	KCl 1M	Espectroscopia de absorção atômica	
Al <sup>3+</sup> trocável		Volumetria	
H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Acetato de Cálcio pH 7,0		
pH em H <sub>2</sub> O	1:2,5	Potenciômetro	
Granulometria	Método internacional da pipeta		

Fonte: Embrapa, 1997.

#### 4.4 Levantamento das formas de uso e ocupação da área de estudo

Com o objetivo de auxiliar metodologicamente o levantamento das formas de uso e ocupação da área de estudo, constituído como segundo objetivo específico desta pesquisa considerou-se como área de orla fluvial urbana para análise do uso do solo local, a área dos setores urbanos delimitados nos limites marginais dos terraços fluviais, além das áreas adjacentes que influenciam ou podem ser influenciadas pela dinâmica de retrogradação da linha de margem pelo avanço dos processos erosivos.

Assim, exclui-se para fins deste levantamento a área periurbana pelas nítidas características ambientais apresentadas que a definem como uma área não

ocupada. Adotou-se como recorte espacial apenas os limites de margens constituintes de todos os setores urbanos delimitados e todos os lotes construídos no trecho de orla, de maneira a objetivar o levantamento de evidências concretas sobre quais formas de uso e ocupação do solo podem contribuir e/ou serem afetadas com as formas de erosão do solo expressadas na área estudada (Mapa 5).

**Mapa 5** – Delimitação do trecho de orla considerado para o levantamento das formas de uso e ocupação da área estudada



A escala de 1:3.000 foi adotada para tal levantamento que ocorreu em 2 principais fases em campo: a identificação do uso e ocupação da área delimitada, e a análise sobre as estruturas e outros fatores derivados de atividades antropogênicas que podem ter relevância sobre o processo de evolução da erosão no local estudado.

Para a classificação geral da área utilizou-se como base o Manual Técnico de uso da terra apresentado por IBGE (2013) que oportunizou a identificação das classes de uso da área. Em campo, cada unidade de solo foi mapeada, identificada e subdividida em classes de maneira a proporcionar maiores condições técnicas e análise dos produtos cartográficos durante a fase de tratamento dos dados.

Deste modo, para a quantificação das principais formas de uso do solo presentes na orla fluvial urbana de Ferreira Gomes, procedeu-se com o levantamento funcional nos limites delimitados para o desenvolvimento do estudo tal qual demonstrado no Mapa 5, e os resultados obtidos orientaram a classificação das tipologias encontradas nesta fase de inventário.

#### **4.5 Identificação do potencial de fragilidade a processos erosivos**

A classificação dos diferentes graus de fragilidade dos taludes ocorreu por meio da consideração de indicadores importantes à análise dos processos erosivos percebidos ao longo de todo o trecho de orla fluvial urbana e área periurbana, cuja estrutura de análise foi elaborada a partir de uma adaptação realizada na configuração metodológica de diagnóstico da evolução de processos erosivos proposta no trabalho de Lisbôa (2010).

A Figura 8 apresenta os indicadores que foram ponderados nesta avaliação diagnóstica: a exposição dos terraços ao entalhamento fluvial, as características físicas e químicas do solo e o modo como influenciam a formação de agregados, as condições da vegetação ripária, o nível de impacto antropogênico sobre a geometria dos taludes, a declividade das encostas e a frequência de processos erosivos frequentes, totalizando sete diferentes indicadores de fragilidade à erosão, subdivididos em três seções hierárquicas, cada uma com um peso diferente.

A escolha dos indicadores específicos ocorreu através da fase inicial do levantamento de dados primários que se deu por meio do reconhecimento e caracterização da área de estudo, e de dados secundários que se deu através da busca por bibliografia específica na temática, os quais revelaram estes elementos com grande destaque e maior expressividade na paisagem local, além de internacionalmente consagrados nos estudos de dinâmica geomorfológica.

Os fatores considerados importantes para a evolução das condições de fragilidade dos indicadores receberam diferentes destaques por suas distintas atuações na dinâmica de processos erosivos. Deste modo, os fatores que mais colaboram com a evolução de processos erosivos receberam o maior peso (três), os que se situam em condições de média contribuição para a problemática receberam peso médio (dois) e os fatores que menos contribuem com os processos analisados receberam o menor peso (um).

**Figura 8** – Indicadores e pesos considerados na avaliação do potencial de fragilidade da área de estudo

	EXPOSIÇÃO AO ENTALHAMENTO FLUVIAL			ASPECTOS FÍSICOS			ASPECTOS QUÍMICOS (FORMAÇÃO DE AGREGADOS)			CONDIÇÕES DE VEGETAÇÃO RIPÁRIA			IMPACTOS HUMANOS SOBRE OS TALUDES			DECLIVIDADE DAS ENCOSTAS			PROCESSOS EROSIVOS EXPRESSIVOS		
SETORES URBANOS E ÁREA PERIURBANA	MUITO EXPOSTO (3)	SEMI EXPOSTO (2)	POUCO EXPOSTO (1)	MUITO FRIÁVEL (3)	RELATIVAMENTE FRIÁVEL (2)	COESO (1)	BAIXA CONTRIBUIÇÃO (3)	MÉDIA CONTRIBUIÇÃO (2)	ALTA CONTRIBUIÇÃO (1)	INEXPRESSIVA (3)	MODERADA (2)	EXPRESSIVA (1)	ELEVADO (3)	MODERADO (2)	BAIXO (1)	MUITO ALTO > 45 % (3)	ALTO 9 – 45 % (2)	BAIXO < 8 % (1)	FREQUENTES (3)	OCASIONAIS (2)	RAROS (1)
ÁREA PERIURBANA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SETOR 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SETOR 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SETOR 3 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SETOR 4 *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Lisboa (2010), modificado pelo autor.

A entre dos indicadores utilizados para esta avaliação se deu por meio da somatória dos pesos das seções indicativas de fatores cujo impacto sobre os processos erosivos revelaram-se pouco (verde), moderadamente (laranja) ou muito (vermelho) influentes na problemática identificada, e foi realizada a fim de possibilitar a definição do grau de potencial de fragilidade da área de orla fluvial urbana de Ferreira Gomes a partir de três grupos: alto potencial de fragilidade, moderado potencial de fragilidade e baixo potencial de fragilidade.

Destaca-se que a divisão destes três grupos ocorreu a partir da somatória de pesos iguais para cada um dos sete indicadores que resultou no estabelecimento de uma faixa de pontuação de 0 a 7 para os fatores com menores pesos somados, de 8 a 14 para os fatores com pesos médios e de 15 a 21 pontos para os fatores com pesos altos somados, classificando respectivamente as faixas relativas ao alto potencial de fragilidade, moderado potencial de fragilidade e baixo potencial de fragilidade a processos erosivos.

#### 4.6 Elaboração dos produtos cartográficos

Considerando a função da cartografia para o desenvolvimento desta pesquisa como um importante meio de apresentação dos resultados obtidos com o levantamento dos dados, objetivou-se com a elaboração dos produtos cartográficos a representação de dados seguros que amparasse de forma complementar a

investigação pautada na análise de fenômenos manifestados na paisagem da área de estudo.

Para a elaboração dos mapas, além da recuperação de dados orbitais e arquivos vetoriais existentes para a área em estudo, foram registrados e georreferenciados em campo, com auxílio de equipamento GPS portátil *Garmin eTrex®* com erro médio de três metros, pontos referentes às principais formas de uso atual do solo na faixa de orla urbana municipal, bem como as feições erosivas mais importantes identificadas na região.

Para o mapeamento proposto foi utilizada uma imagem aérea de alta resolução da área urbana de Ferreira Gomes, disponibilizada pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SEMA, proveniente do projeto “Base cartográfica digital contínua do Amapá”, na escala de 1:25.000 do ano de 2014.

Os dados coletados foram explorados através do software QGIS 2.8.1, gratuito, com boa interface de trabalho e com diversas ferramentas que viabilizaram a manipulação das informações registradas, possibilitando a elaboração dos produtos cartográficos de forma satisfatória aos objetivos desta pesquisa.

#### **4.7 Organização e análise dos dados**

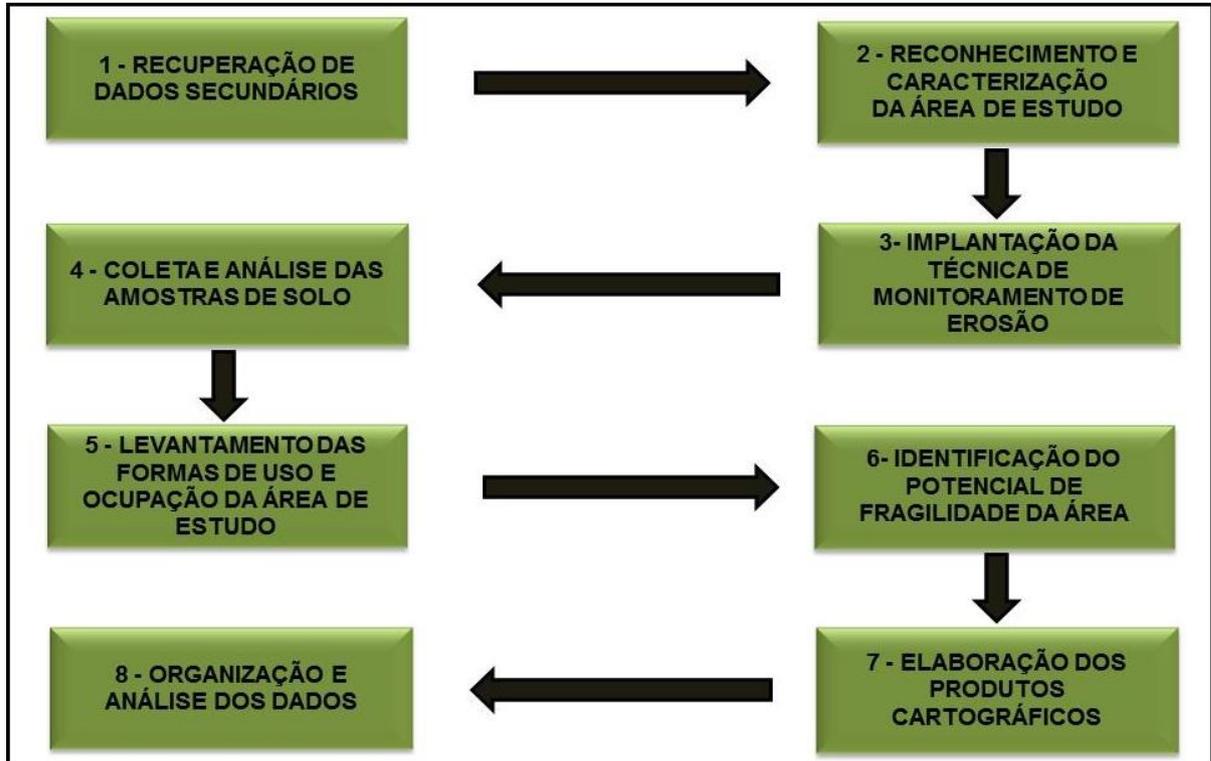
Os demais dados obtidos foram organizados sistematicamente (Figura 9) de forma a se permitir a criação de instrumentos que possibilitassem perspectivas e conexões entre os padrões encontrados, isto é, tais dados foram relacionados para que ocorressem projeções e comparações sobre as principais variáveis encontradas na área de estudo e suas relações com os elementos componentes dos processos erosivos estudados.

Para que tais projeções e comparações ocorressem, a criação de um banco de dados virtual único, compartimentado para a organização dos dados primários e secundários, aperfeiçoou as atividades desempenhadas em gabinete. A quantidade de dados adquiridos durante os trabalhos em campo necessitou de tabulação e classificação por temática antes de servirem com instrumentos para a elaboração de gráficos, mapas e tabelas.

Após a organização dos materiais coletados referentes ao monitoramento de erosão, análise do solo, levantamento das formas de uso e ocupação da área de estudo e seleção de indicadores para classificação do grau de potencial de

fragilidade dos setores da orla, os mesmos foram tratados estatisticamente por meio do *software Origin 6.0®* a fim de permitir a interpretação e análise diagnóstica, pertinentes à discussão dos resultados deste trabalho.

**Figura 9** – Síntese de procedimentos metodológicos adotados para a pesquisa



## **5 PROCESSOS EROSIVOS E FATORES CONTROLADORES NA ORLA FLUVIAL URBANA DE FERREIRA GOMES**

### **5.1 Aspectos geológicos e geomorfológicos da área estudada**

A complexa dinâmica geológico-geomorfológica local marca a diversidade do meio físico da área estudada, e encontra-se diretamente relacionada às oscilações climáticas ocorridas no final do período terciário, e início do quaternário, as quais influenciaram a evolução do sistema fluvial da bacia hidrográfica do rio Araguari.

Uma vez inserida em domínio geológico pertencente ao grupo Barreiras – TQb (IBGE, 2004a), a área em evidência apresenta substrato rochoso típico de formações sedimentares, variavelmente distintas quanto às suas características, compostas principalmente por arenitos, siltitos e argilitos, exibindo regiões propícias à ocorrência diferenciada de processos erosivos e atuação de fatores controladores em cada setor da orla urbana municipal.

Na litologia local, são apresentados em diversos pontos da região em estudo, afloramentos rochosos gnaisse-graníticos, tais quais identificados nos estudos de Guerra (1952) e Lima et al. (1974). Este aspecto litológico é expressivo na paisagem que compõe o trecho de orla urbana, sendo possível identificá-lo de maneira mais relevante nos setores 1, 2 e 4 da orla urbana municipal.

Tais afloramentos como os apresentados na Figura 10, registrada nos setores 1 e 4, são semelhantes aos que ocorrem em regiões próximas a sede urbana, inseridos nos domínios da Suíte Intrusiva Cupixi – PPylcx e do Grupo Vila Nova – PPvn, encontrados em boa parte do município de Porto Grande, por onde também corre o trecho médio do Araguari.

**Figura 10** – Afloramentos rochosos na orla urbana de Ferreira Gomes – Amapá



Legenda: A - Setor 1; B - Setor 4. Fonte: trabalho de campo.

A orla urbana municipal, situada na margem direita do trecho médio do rio Araguari, encontra-se em um trecho fluvial oposto a uma seção de expressiva concavidade, onde a variação longitudinal de energia tende a ser mais concentrada. A morfologia da orla, contudo, não apresenta feição tipicamente convexa em relação ao estilo fluvial, sendo possível classificar este trecho de orla urbana com formato retilíneo, com pequenas reentrâncias assinalando a presença de igarapés.

Avalia-se que a geomorfologia local possui características heterogêneas, apresentando feições como tabuleiros, colinas, afloramentos, corredeiras e bancos arenosos, feições estas bastante distintas na paisagem local.

Cabe ressaltar também que existem diferenças de médio contraste na morfologia da linha costa, destacando a área de estudo sobre modelados de esculturação, combinados com variáveis distintas tais como a ação pluviométrica e fluvial, cobertura vegetal, topografia do terreno e ação antrópica, tratadas nesta pesquisa como fatores relacionáveis à dinâmica geomorfológica local.

Em relação à topografia do terreno nos terraços fluviais, analisou-se que a declividade é variável não atingindo, porém, limites superiores a 8% de inclinação em todos os setores urbanos analisados, embora formas adjacentes de relevo, como a identificada na área periurbana próxima ao setor 1, possibilitam a visualização de topos convexos de formas colinosas com feições de maior grau de sinuosidade em pontos específicos, onde podem ser encontradas declividades de até 26% nas vertentes.

Dessa maneira, de acordo com IBGE (2007), ainda que a fase de regional possa ser classificada como uma superfície de moderada movimentação, o relevo local da orla fluvial urbana pode ser classificado como uma área pouco movimentada, constituída por indicadores de pequenos vales, pouco encaixados e rampas com declividades que variam de 3 a 8%, como feições típicas de relevo suave ondulado.

No local também foram identificadas feições marcantes de baixos terraços fluviais de forte a moderadamente entalhados, além de faixas com reentrâncias que apresentam características específicas de várzea amazônica, tais como inundação periódica, baixa capacidade de drenagem do solo e ausência de ruptura de declive marcante em relação ao leito do rio (Figura 11).

**Figura 11** – Aspectos da várzea no setor 3



Legenda: A - Aspectos das baixas declividades; B - Área com ausência de ruptura de declive marcante em relação ao rio Araguari. Fonte: trabalho de campo.

Quanto à evolução do relevo, de maneira geral, a característica geomorfológica mais expressiva da orla urbana de Ferreira Gomes é, sem dúvida a sua esculturação a partir de superfícies de erosão com feições de média e baixa complexidade e níveis topográficos tênues.

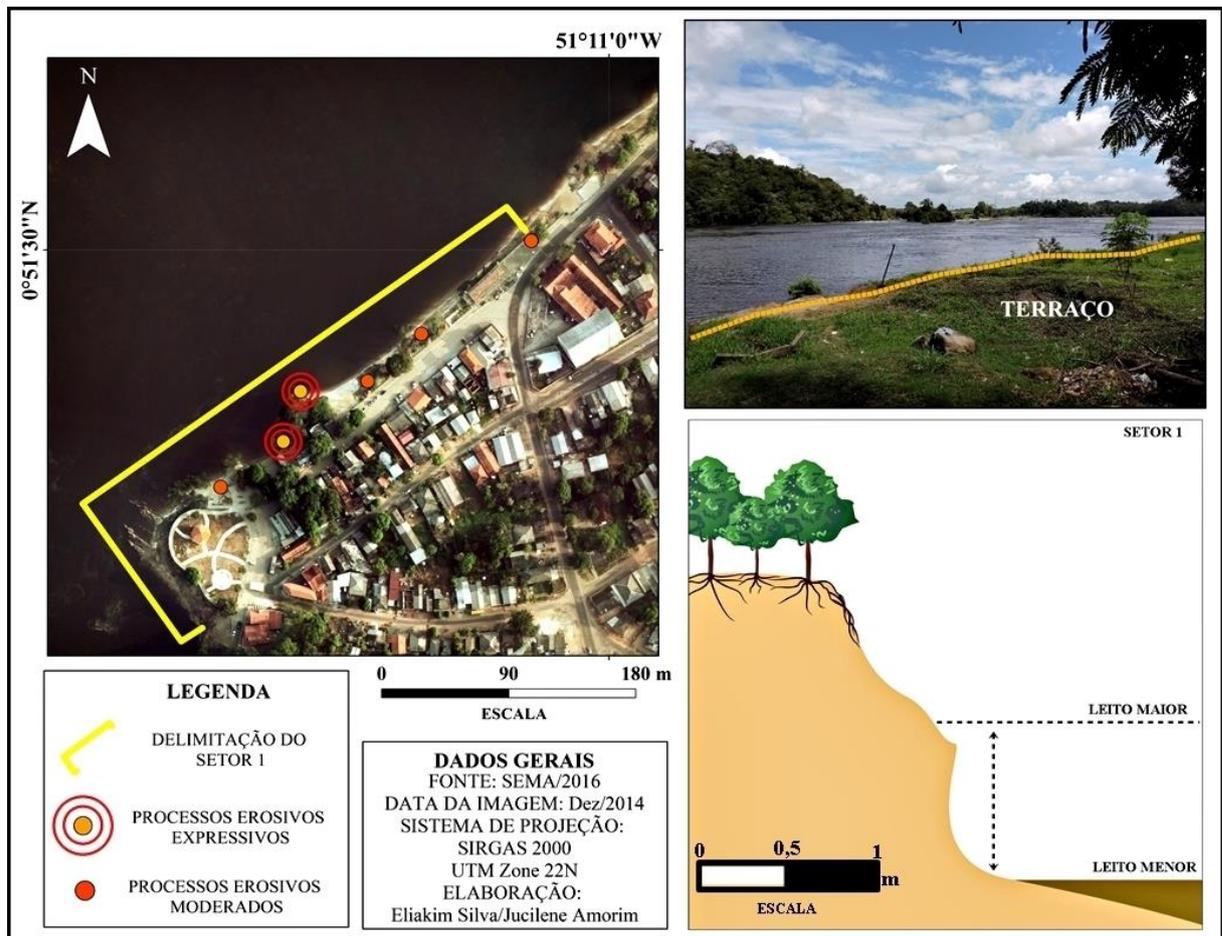
Tais feições assinalam as diferentes formas da área estudada, resguardadas especificidades conferidas ao estilo fluvial apresentado nas áreas de várzea, às variações geomorfológicas dos terraços e às demais variáveis apresentadas de formas distintas em cada um dos setores delimitados.

No setor 1, embora o relevo apresente baixos gradientes de declividade, há alguns pontos sinuosos pouco expressivos. Constatou-se que a inclinação do relevo

nesta porção da faixa de orla urbana, encontra-se entre a faixa de 6 a 8%. Ressalta-se que mesmo que tal gradiente já possibilite a atuação de mecanismos erosivos sobre sedimentos finos e grosseiros, estas vertentes não possuem inclinação suficiente para proporcionar a remoção e o transporte de elevadas cargas de sedimentos superficiais (Mapa 6).

Estas forças de grande impacto gerado por meio do cisalhamento e outros processos sobre a superfície do solo são comumente relacionados a grandes declividades, alto volume e velocidade de transporte hídrico sobre vertentes, como destacado por Cogo et al. (2003), Mahmoodabadi e Sajadi (2016) e Ochoa et al., 2016.

**Mapa 6** – Feições geomorfológicas e frequência dos processos erosivos no setor 1



Neste setor identificou-se, por outro lado, desgaste proeminente dos taludes marginais, que apresentam poucas cicatrizes, sem sinais aparentes de rastejamento, mas com focos indicativos de subsidência e solapamento basal.

Durante esta pesquisa, percebeu-se que a instabilidade dos taludes é, em grande parte, caracterizada pela fragilização das bases da margem, seguida de sucessivos desmoronamentos provocados pela ocorrência de turbilhonamento hídrico que culmina com a desestabilização dessas estruturas, tal como assinalado por Holanda et al. (2007) e Cunha (2008) na descrição de fenômenos que atuam na dinâmica de entalhamento fluvial.

A problemática identificada neste setor e, posteriormente, identificada em outras seções da orla urbana, resguarda grande semelhança ao que é descrito por Sternberg (1998), Bandeira (2005) e Labadessa (2011) ao descreverem o fenômeno de terras caídas no contexto dos processos erosivos próprios a sistemas fluviais.

Destaca-se nesse sentido, que a exposição dos terraços de margem ao processo de entalhamento fluvial, promovido pela corrente do rio Araguari e as oscilações de vazão encontradas neste trecho da bacia, são fatores potencialmente deflagradores de instabilidade morfológica dos taludes. Estes estão diretamente relacionados com a problemática encontrada, fator que tem promovido a adoção de medidas pouco eficientes, na tentativa de conter tais processos percebendo-se, porém, que são construídos com o propósito de proteger os taludes da remoção de sedimentos pela variação no regime fluvial (Figura 12).

**Figura 12 – Erosão dos terraços no setor 1**



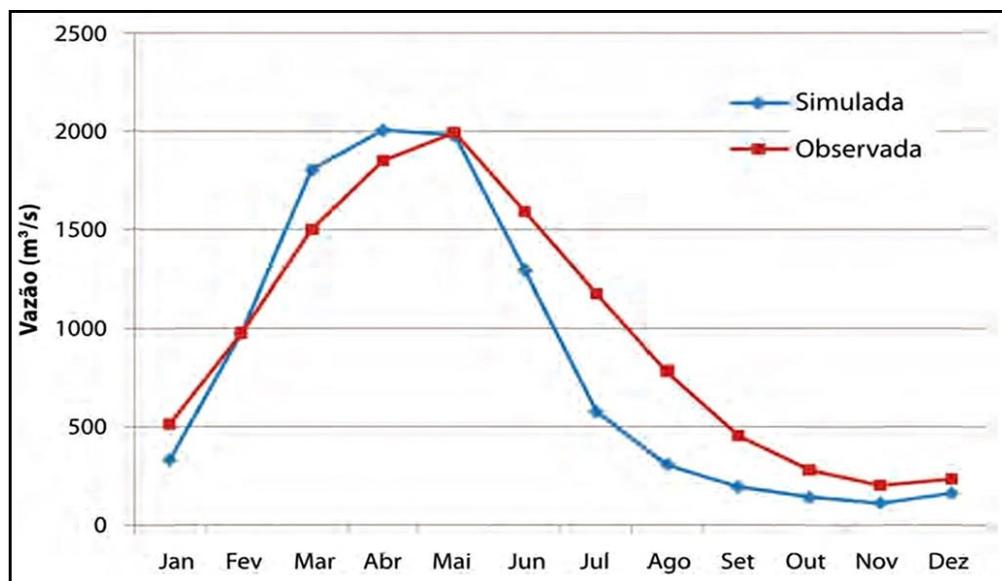
Legenda: A - Deslocamento de blocos e exposição de raízes; B - Muro de contenção construído frente ao terraço. Fonte: trabalho de campo.

A remoção de sedimentos pela variação no regime fluvial é destacada quando são analisados dados hidroclimáticos para bacia do rio Araguari, em especial os

registros de vazão, cotados na estação fluviométrica do reservatório da Hidrelétrica de Coaracy Nunes, próximo a Ferreira Gomes.

Nesta estação é possível encontrar entre as médias mensais, picos de vazão na ordem dos 2.000 m<sup>3</sup>/s em eventos climáticos normais durante o inverno amazônico, período em que foram registrados os episódios mais intensos de colapso dos taludes marginais nos setores 1 e 2 (Gráfico 1).

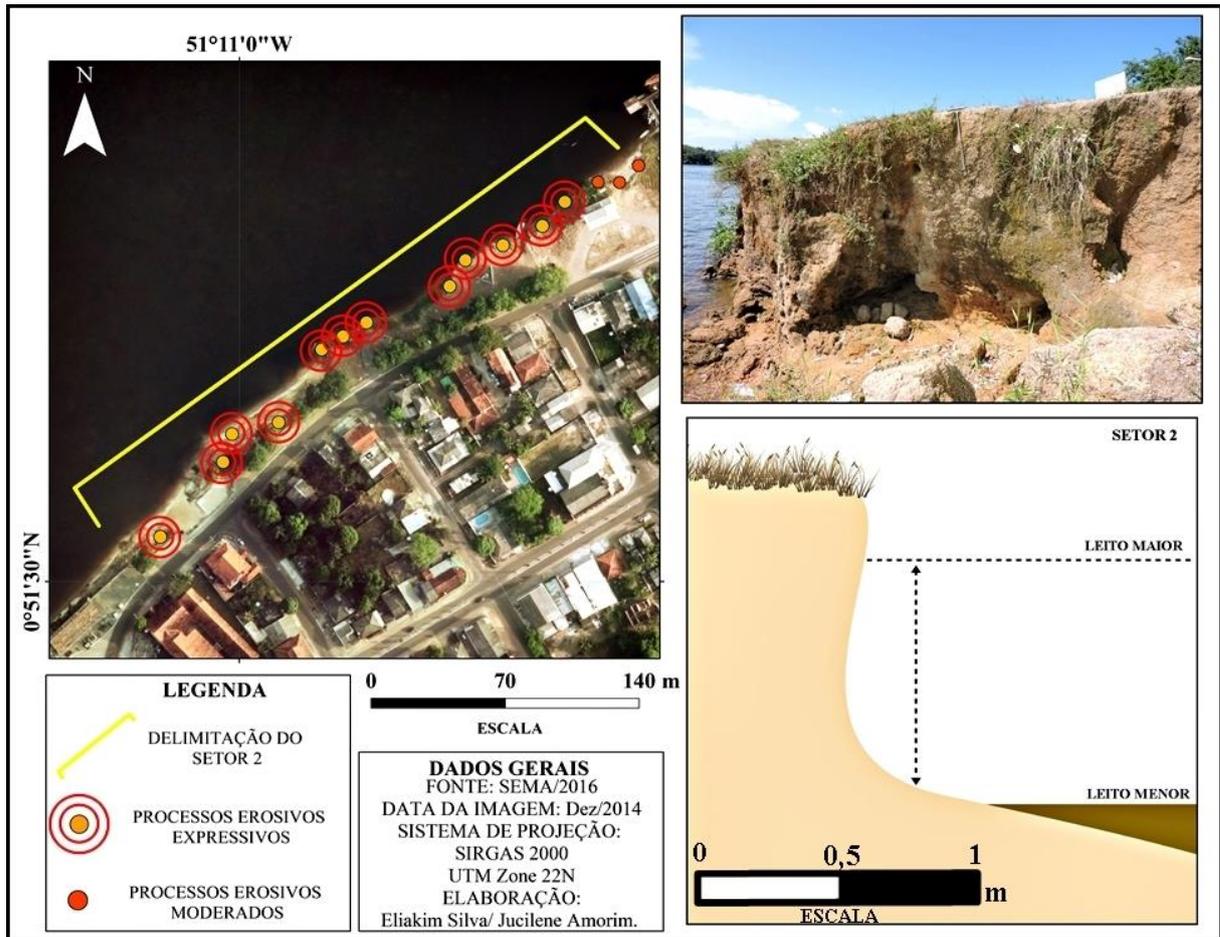
**Gráfico 1** – Médias mensais de vazão cotadas na estação fluviométrica de Coaracy Nunes de 1973 a 2006 – Trecho médio Araguari



Fonte: Souza et al. (2010), modificado pelo autor.

No setor 2, por sua vez, embora possua algumas características singulares relacionadas à fisiografia de sua paisagem e formas de ocupação do solo presentes neste setor, possui grande semelhança com o que foi descrito para o setor 1 tanto na constituição das formas de relevo, como se analisados os processos erosivos identificados. Neste setor também foram registrados gradientes de declividade na faixa dos 6 a 8%, com baixos terraços fluviais bem delimitados, os quais apresentam expressiva ruptura de declive em relação ao leito do rio (Mapa 7).

**Mapa 7** – Feições geomorfológicas e frequência dos processos erosivos no setor 2

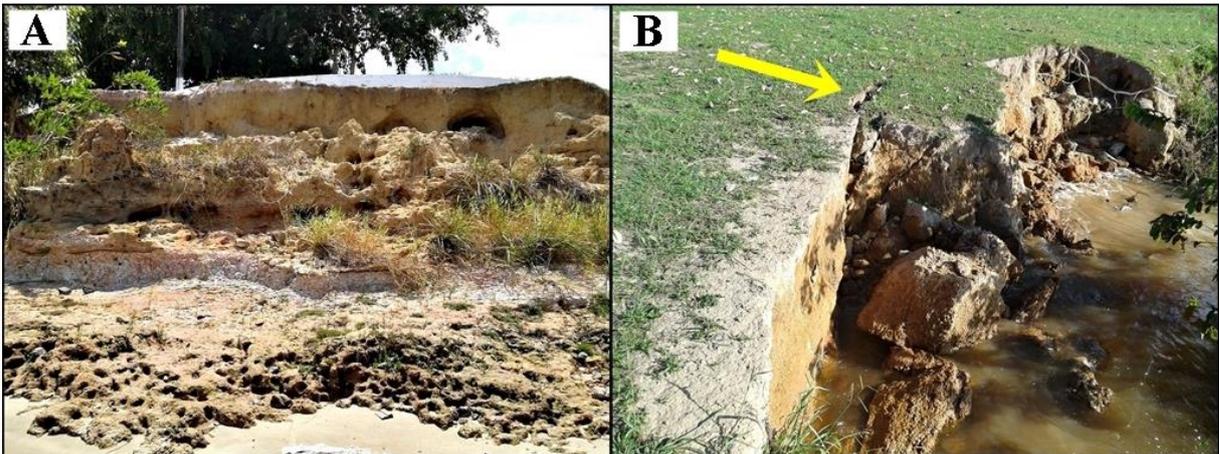


Os fenômenos de ablação de parte dos taludes nesta faixa da área de estudo ocorrem de maneira mais expressiva do que no setor anteriormente tratado. Os registros eventuais de solapamento, fenômeno provocado pela dinâmica erosiva basal nas margens, foram perceptíveis mais expressivamente durante a estação chuvosa, onde a vazão hídrica aumenta, transformando a variação longitudinal de energia no rio e intensificando mecanismos erosivos, tal como ressaltado por Merino et al. (2013) e Rodrigues et al. (2014).

Neste setor, o colapso das margens foi muito expressivo se ponderada a frequência e magnitude desses eventos em relação às ocorrências registradas nos outros setores delimitados. Em períodos relativamente curtos, ocorridos entre os trabalhos de campo mensais, foram registrados eventos de sensível transformação de pontos específicos da faixa de orla urbana, motivados pelas perdas de partes dos taludes afetados por regimes de fluxos turbulentos próprios à corrente do rio.

Avaliou-se que, de maneira geral, neste setor os fenômenos são precedidos de sinais que indicam a manifestação de tais processos, como o surgimento de cicatrizes no solo (Figura 13), seguidas de escalonamento em degraus nas feições do terraço, projeção de blocos da margem para o leito de rio, e desmoronamento.

**Figura 13** – Feições erosivas no setor 2



Legenda: A - Escavamento do talude; B - Cicatriz no solo. Fonte: trabalho de campo.

Coelho (2008) destaca que a edificação de obstáculos no leito dos rios, tal como ocorre na área de estudo com a construção das barragens da Usina Hidrelétrica Ferreira Gomes, da Usina Hidrelétrica de Coaracy Nunes e da Usina Hidrelétrica Cachoeira Caldeirão, é um dos fatores que pode contribuir de maneira significativa para a ruptura de equilíbrio longitudinal nas drenagens gerando, entre outros impactos, o surgimento de diferentes zonas de entalhamento que desencadeiam processos erosivos que podem afetar a sociedade de maneira negativa.

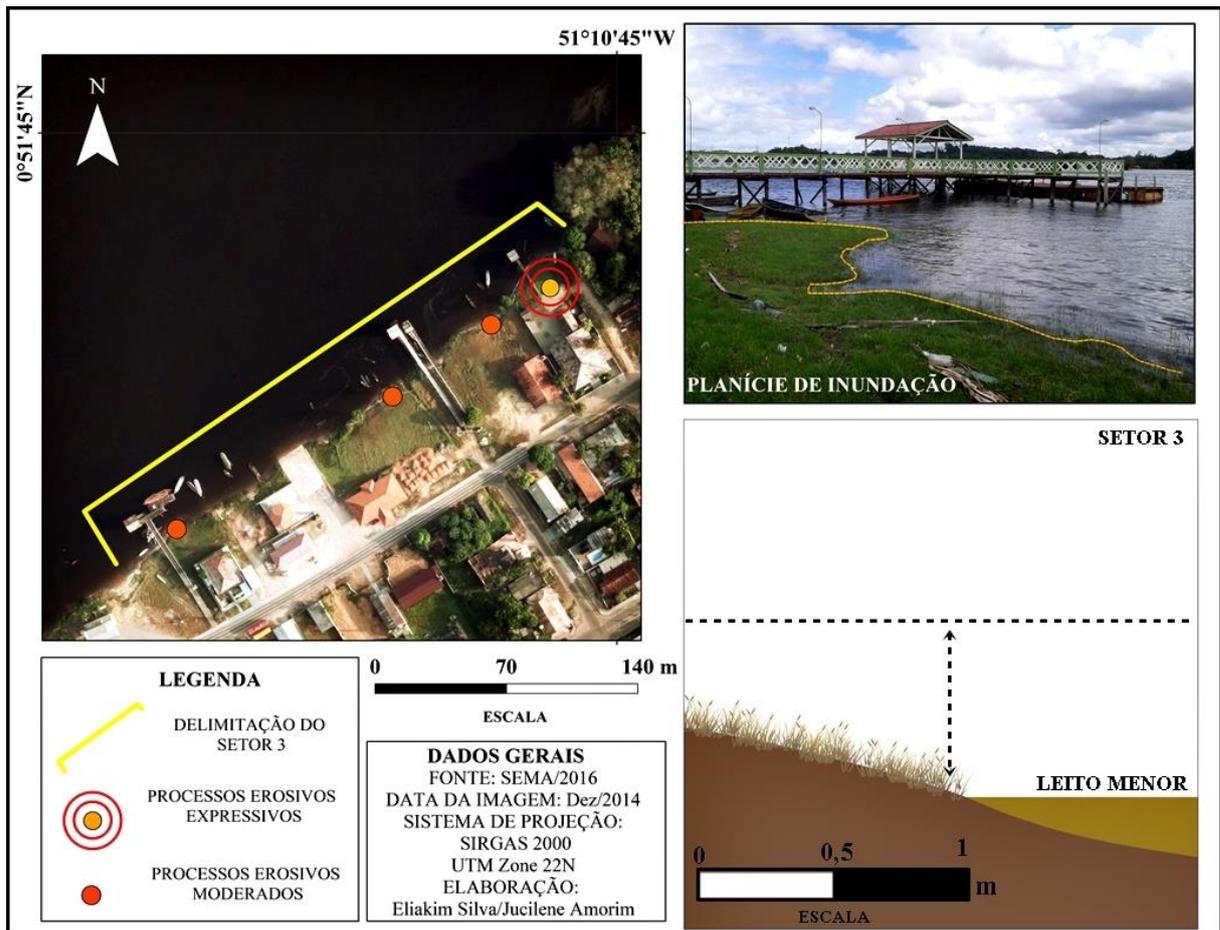
Contudo, é importante destacar que, ao estudo de caso em evidência, observou-se que diversos fatores impedem ou, pelo menos, tornam frágil a ponderação de impactos provocados pela construção destes barramentos edificadas em grande proximidade com a área de estudo. Não há dados consistentes de monitoramento que sustentem a referida hipótese, possibilitando estudos científicos mais avançados em diferentes escalas temporais que demonstrem a relação direta entre as obras edificadas no leito do rio Araguari, e a problemática evidenciada na cidade de Ferreira Gomes.

Destaca-se, no entanto, que também são perceptíveis neste setor formas específicas de erosão basal nos taludes que são submetidos às cheias periódicas do rio. Quando ocorre o recuo do leito de inundação do rio Araguari, após período de contato com os barrancos que sucede de maneira mais intensa durante a vigência do inverno amazônico entre os meses de dezembro e maio, são exibidos diminutos buracos. Estas formas exibidas são semelhantes a tocas, os quais contribuem com a fragilização dos terraços, facilitando mecanismos de colapso e desenvolvimento de feições de rebaixamento do terreno.

De outra maneira, nota-se que os setores 1 e 2 resguardam grandes semelhanças na geometria dos taludes. O setor 3 diferencia-se dos demais em muitos aspectos. Inicialmente, observou-se que o gradiente de declividade do terreno neste setor é bastante baixo, situando-se na faixa dos 3 a 4%.

Além disso, nesta área a morfologia da linha de costa adquire aspectos típicos de várzea amazônica, como a periodicidade de inundação e baixa capacidade de drenagem da água no solo, que o mantém parcialmente saturado principalmente quando o rio ocupa seu leito maior na estação chuvosa (Mapa 8).

**Mapa 8** – Feições geomorfológicas e frequência dos processos erosivos no setor 3



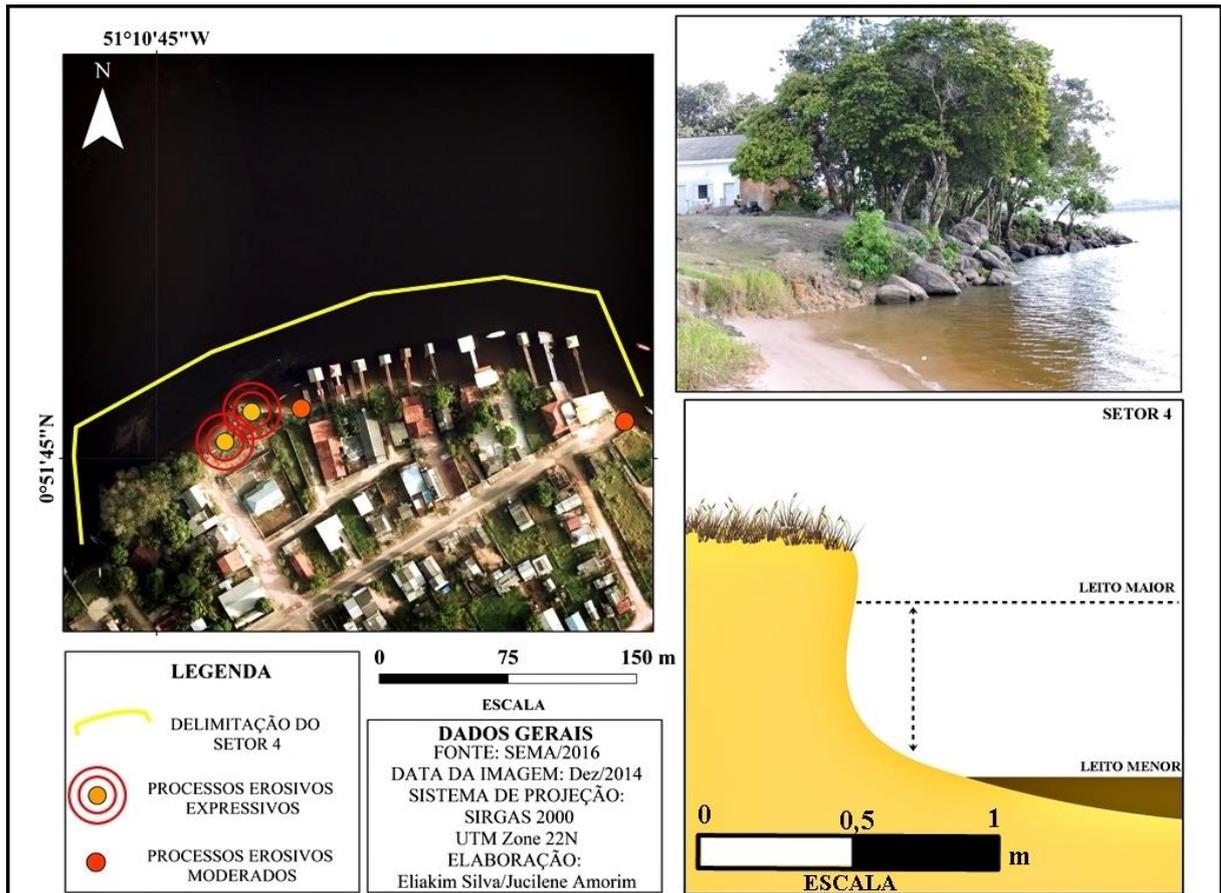
Observa-se unicamente neste setor da orla urbana a ausência dos baixos terraços fluviais identificados no perímetro adjacente. Dessa forma, o limite entre o rio e a parte continental da cidade é assinalado pela ausência de forte ruptura de declive identificada nos outros setores, predominando formas de relevo bastante tênues e planas, tornando a morfologia do terreno sensivelmente distinta das demais formas apresentadas no relevo local.

No setor 4, por sua vez, excetuando-se sua característica de grande afloramento rochoso, os baixos terraços identificados assemelham-se em forma aos taludes dos setores 1 e 2. São taludes de contato com a corrente do rio, que expõe suas estruturas aos mecanismos erosivos que conduzem ao solapamento basal, anteriormente mencionado (Mapa 9).

Contudo, é possível destacar que as rochas existentes no local, produzem naturalmente certo efeito sobre as margens, minimizando o impacto do regime fluvial sobre as mesmas, principalmente quando analisados os barrancos mais expostos à

corrente do rio. Nas áreas onde o terraço encontra-se exposto, sem a presença marcante de afloramentos rochosos, as margens ficam mais vulneráveis aos processos erosivos, exibindo feições típicas que assinalam a presença do fenômeno nestes locais.

**Mapa 9** – Feições geomorfológicas e frequência dos processos erosivos no setor 4



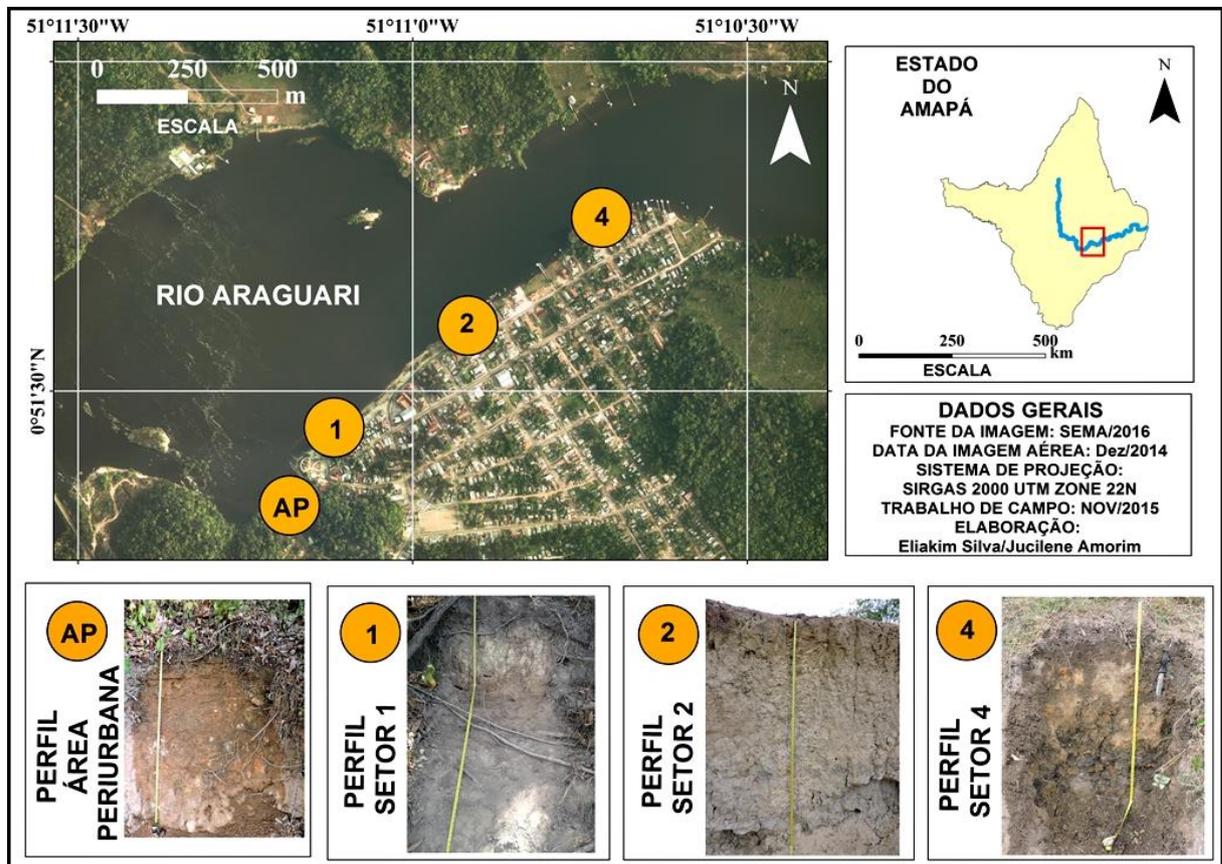
Foram identificados neste setor alguns processos erosivos poucos expressivos se comparado aos demais manifestados na área em estudo. Apesar do desgaste pontual em várias partes das estruturas de margem, não houve registros de grandes desmoronamentos promovidos pelo contato frontal da corrente do rio com a base do terraço. Todavia, foram notados alguns sulcos na parte superior das margens, indicando fraco entalhamento promovido pelo fluxo de escoamento pluviométrico superficial concentrado em regiões pouco vegetadas.

## 5.2 Aspectos morfológicos do solo

Os resultados apresentados correspondem aos quatro perfis pedológicos analisados na área de estudo, exibindo características distintas em sua constituição

as quais ajudaram a elucidar certos aspectos dos processos erosivos ocorrentes em cada setor de orla (Mapa 10).

**Mapa 10** – Perfis pedológicos na orla urbana de Ferreira Gomes



Observou-se que o perfil – área periurbana, por exemplo, é um perfil típico de um solo profundo, bem desenvolvido e bem drenado, com 150 cm de profundidade. Apresenta a sequência de horizontes A, AB, BA, B1, B2, B3 e C.

O horizonte superficial (A) exibiu espessura de 10 cm, cor bruno-amarelado-clara (10YR6/4), textura franco-argiloarenosa, de estrutura granular, macia, com presença marcante de bioturbação, quer pela ação radicular ou de microfauna no solo.

Os horizontes transicionais AB e BA apresentaram juntos 22 cm de espessura, cor amarela (10YR7/6 e 10YR7/8 respectivamente), textura franco-argilosa, e consistência ligeiramente dura.

Do horizonte B1 ao B3, com 74 cm de espessura e cor amarela (10YR7/8), a textura se manteve franco-argilosa, com formas de blocos subangulares,

endurecimento da consistência, e diminuição de ação de raízes finas, ainda que as maiores tenham permanecido expressivamente em profundidade.

O horizonte C, de 44 cm de espessura e cor amarela (10YR8/6) apresentou variação de textura identificada como franco-argiloarenosa, e consistência muito dura, sendo possível também identificar nele fragmentos de rocha em estágio avançado de intemperização, denominados de saprólitos por Guerra e Guerra (2008).

O perfil – setor 1, correspondente ao primeiro setor da orla fluvial urbana da cidade, também revelou um tipo bem desenvolvido de solo, com cerca de 220 cm de profundidade, apresentando a sequência de horizontes A, AB, BA, B1, B2 e B3. Dentre todos os horizontes deste perfil, o mais superficial (A) apresentou espessura de 18 cm, cor bruno-claro-acinzentado (10YR6/3), textura franco-siltosa, estrutura granular e consistência macia.

Os demais horizontes apresentaram-se nos 202 cm restantes, com estruturas em blocos angulares, de textura franco-argilossiltosa, com forte presença de pequenas, médias e grandes raízes, tendo alteração nas cores que nos horizontes menos profundos foram identificadas na cor bruno-muito claro-acinzentado (10YR8/3) e nos mais profundos na cor branca (2.5Y8/2).

O perfil – setor 2, por sua vez, exibiu 170 cm de profundidade, apresentando a sequência de horizontes A, AB, BA, B1, B2 e B3 e B4. O Horizonte superficial (A) apresentou espessura de 10 cm, cor branca (10YR8/2), textura franco-arenosa e estrutura granular, de consistência macia.

Nos horizontes AB e BA, de cor bruno-muito claro-acinzentado (10YR8/3), estrutura granular, textura franco-argilosa e argilossiltosa respectivamente, a consistência encontrada variou para dura, sendo também possível encontrar dos horizontes B1 ao B4 (135 cm) as cores amarelo claro acinzentado (2.5Y7/3), branco (2.5Y8/2), e textura argilossiltosa. Ressalta-se que no horizonte B4, identificou-se através das análises sedimentos de estrutura granular e textura franco-argiloarenosa.

Optou-se por não se realizar no setor 3 a delimitação de perfis pedológicos, devido à alta saturação de água no solo, fator que causou inviabilidade de implantação de técnicas escolhidas para a pesquisa.

O perfil – setor 4 exibiu 90 cm de profundidade de camadas revolvidas, com diversas cores como bruno (10YR5/3), bruno claro acinzentado (10YR6/3, 10YR6/4, 10YR7/4 e 10YR8/3) e cinzento (10YR6/1), além da presença de raízes, pregos bastante oxidados, carvão vegetal e cinzas, revelando profundas alterações antrópicas através do despejo de camadas de aterros no local.

Assim, os aspectos morfológicos dos perfis analisados, possibilitaram avaliar que somente três deles (área periurbana, setor 1 e setor 2) preservam aspectos que denotam solos genuinamente constituídos, ou seja, que não são produto de alterações antrópicas.

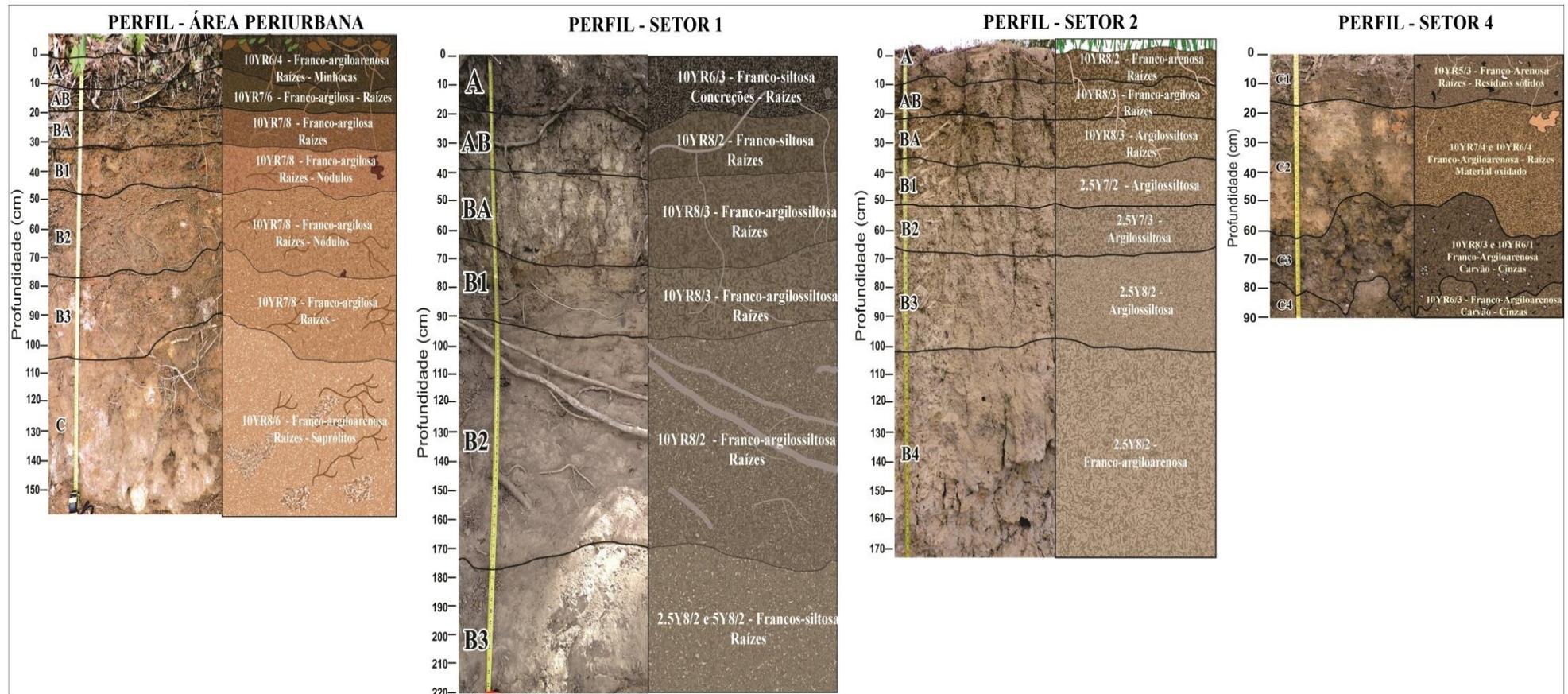
Apenas um perfil, o perfil – setor 4, apresentou características suficientemente significativas para avaliar que o solo local é produto de grandes modificações proveniente de atividades antropogênicas, pois se identificou no local, além da inversão de camadas no solo, a presença de resíduos sólidos finos e grosseiros, e outros materiais indicando forte alteração do perfil (Figura 14).

**Figura 14** – Materiais encontrados em amostras coletadas no perfil – setor 4



Fonte: trabalho de campo.

**Figura 15** – Croquis dos perfis pedológicos analisados na orla urbana e periurbana de Ferreira Gomes



Fonte: trabalho de campo.

### **5.3 Aspectos granulométricos e químicos do solo**

#### *5.3.1 Granulometria*

A variabilidade dos atributos físicos de um solo também é um fator de grande relevância para os estudos em erosão. Considerar esta importante característica pedológica possibilita a avaliação da atuação de fenômenos sobre o solo e seus impactos sobre a estrutura física do mesmo, tal como a perda de sedimentos e demais dinâmicas entre os elementos presentes neste processo, como já destacado por Wang et al. (2013) e Enriquez et al. (2015).

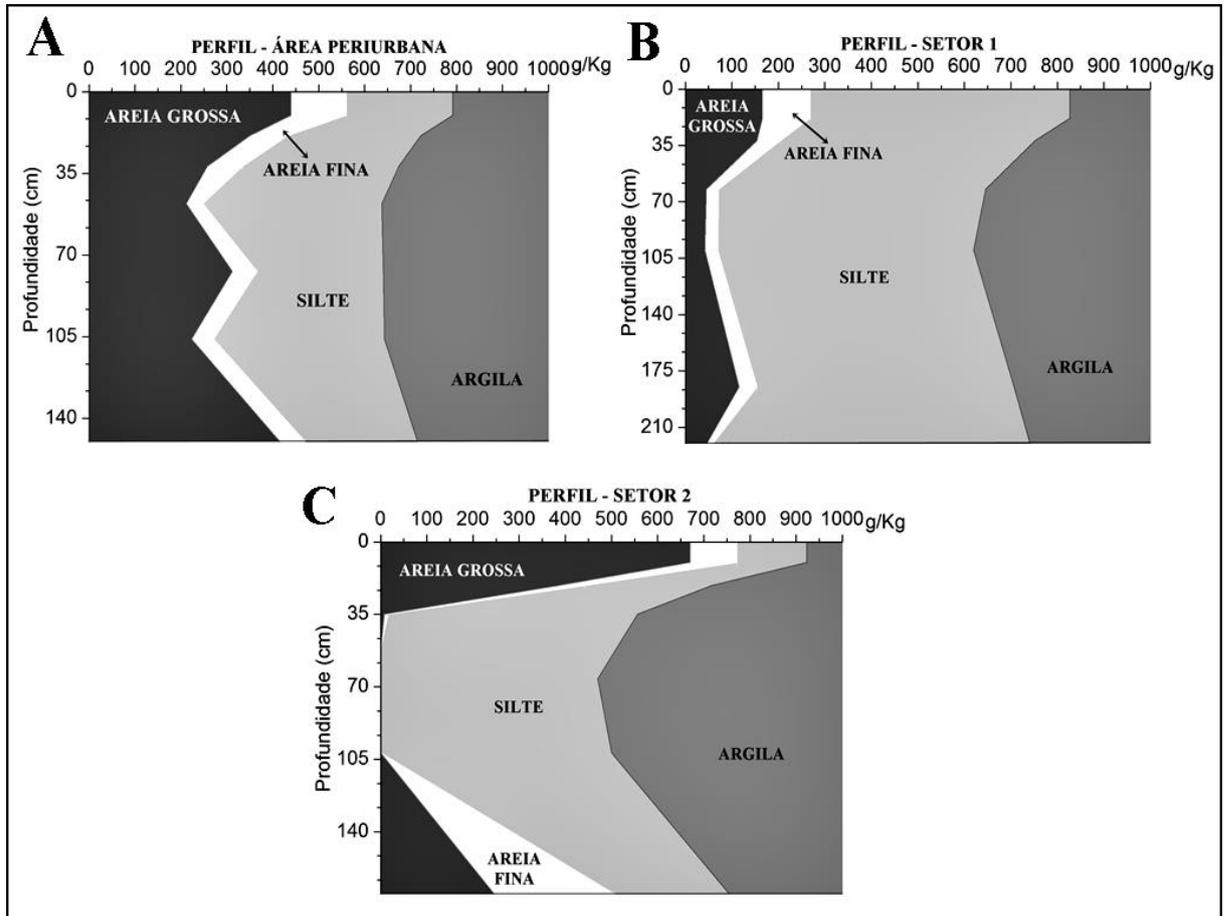
A análise das amostras coletadas na área em estudo revelou aspectos importantes para o diagnóstico relacionado à problemática erosiva identificada na orla urbana de Ferreira Gomes. As características dos solos locais estudados sugere diversidade de solos e destoa com a classificação de IBGE (2004b) que classifica todo o perímetro da área urbana e periurbana da cidade como pertencente à região de Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos típicos e distróficos plínticos (PVAd2), fator motivado em razão da abordagem para o levantamento de dados do órgão que ocorreu em uma escala de 1:750.000.

Os dados da análise granulométrica realizada nas amostras dos perfis: perfil – área periurbana, perfil – setor 1 perfil – setor 2, corroboram a existência de solos diversos, diferentemente constituídos fisicamente (Gráfico 2).

No perfil – área periurbana, foi possível avaliar que a granulometria do perfil estudado nesta área da cidade, embora apresente predominância de textura franco-argilosa, o horizonte superficial de textura franco-argiloarenosa apresenta medios níveis de areia caracterizados por sedimentos grosseiros.

Os teores deste tipo de sedimento encontram-se na ordem dos 440 g/kg de areia grossa para 120 g/kg de areia fina, contra 208 g/kg de argila e 232g/kg de silte, sendo importantes para a atenuação da força de cisalhamento que atua com maior dificuldade em sedimentos mais resistentes, tal qual a areia grossa, promovendo também a atenuação dos processos erosivos superficiais, como destacado por Guerra (2016).

**Gráfico 2** – Composição e variação das frações granulométricas dos perfis de solo na orla fluvial urbana de Ferreira Gomes



Legenda: A – resultados das análises das amostras coletadas na área periurbana; B – resultados das análises das amostras coletadas no setor 1; C – Resultado das análises das amostras coletadas no setor 2. Fonte: trabalho de campo, elaborado através do *software* Origin 6.0.

Neste mesmo perfil, em subsuperfície, é possível notar decréscimo dos níveis de areia, ainda que haja sensível aumento desta fração no horizonte mais profundo (C) se relacionado com o horizonte anterior. Esta diferença se dá em razão da proximidade de contato deste horizonte com rochas saprolíticas bastante intemperizadas.

Proporcionalmente aos valores de silte, o teor de argila presentes dos horizontes AB ao B3 gradua em profundidade, promovendo maior retenção hídrica no solo, facilitando a ação de mecanismos presentes na evolução de solos tropicais, em regiões de altas temperaturas e umidade, bem como descrito por Lepsch (2010) e por Vezzani e Mielniczuk (2011).

O perfil – setor 1, por outro lado, possui características muito diferentes do perfil estudado na área periurbana, perceptíveis nos aspectos físicos evidenciados. Com apenas 166 g/kg de areia grossa e 103 g/kg de areia fina no horizonte A, ainda que este seja o maior valor para estas frações encontradas no perfil, é a fração de argila e de silte que se destacam de maneira proeminente neste horizonte.

O teor de silte (558 g/kg) identificado no horizonte A do perfil – setor 1, de textura Franco-siltosa, também sugere maior fragilidade deste horizonte aos mecanismos erosivos superficiais devido à baixa coesão desse tipo de sedimento conforme explicado por Guerra e Botelho (1996). As partículas siltosas, apresentam-se pouco resistentes frente à dinâmica de escoamento hídrico, o que acaba viabilizando o transporte de cargas de sedimentos sobre o solo (ENRIQUEZ et al., 2015), gerando processos erosivos superficiais mais intensos.

Em profundidade, avalia-se o bom incremento de argila que no horizonte B1 chega a ser de 21% a mais que no horizonte mais superficial (A). Todavia, percebe-se que a característica mais marcante é a grande disposição dos níveis de silte no perfil que ultrapassam 50% em todos os horizontes delimitados, sendo o mais alto valor encontrado no horizonte B3, o mais profundo, que exhibe um teor de 681 g/kg deste tipo de sedimento, substituindo os níveis de areia que decaem em profundidade.

De maneira geral, a relação silte/argila, critério adotado para avaliar estágios de intemperismo no solo de regiões tropicais (EMBRAPA, 1999), apresenta níveis consideráveis neste perfil do setor 1 sugerindo maior grau de intemperização no material coletado nesta área, cujos valores de silte/argila variam de 1,44 a 3,22, indicando maior atuação de fatores que conduzem à problemática identificada.

Nos demais setores analisados foram obtidos valores que variam de 0,85 até, no máximo, 1,96, nos horizontes, sugerindo menor intemperização do material analisado proveniente dos perfis no setor 2 e na área periurbana da cidade.

O perfil – setor 2 permitiu que fossem encontrados níveis bastante altos de areia no horizonte superficial (A), totalizando 77% do volume analisado, sendo 671 g/kg de areia grossa e 101 g/kg de areia fina, predominando então, sedimentos grosseiros em superfície. Porém, percebe-se que, em profundidade, estes níveis

decrecem bastante, dando lugar ao acréscimo de silte e argila, gradando de textura franco-arenosa para textura argilossiltosa.

Do horizonte BA ao B3 os níveis de areia decrescem até se tornarem nulos, exibindo horizontes compostos apenas por sedimentos finos, de argila e silte e, portanto, mais susceptíveis aos processos erosivos superficiais do que os sedimentos mais grosseiros localizados em superfície, tal como destacado por Guerra e Marçal (2012). No horizonte mais profundo (B4), contudo, o nível de areia total do perfil varia de 0 g/kg para 507 g/kg de maneira abrupta, apresentando decréscimo das outras frações de sedimentos.

Por localizar-se em região de maior profundidade do terraço, em um lugar de grande contato com a corrente do rio no período de cheia, esta gradação textural de característica Argilossiltosa do horizonte B3 para Franco-argiloarenosa no horizonte B4 com alto incremento de areia, acaba sendo crucial para a ocorrência de fenômenos de solapamento basal nas margens, como os descritos por Sternberg (1998).

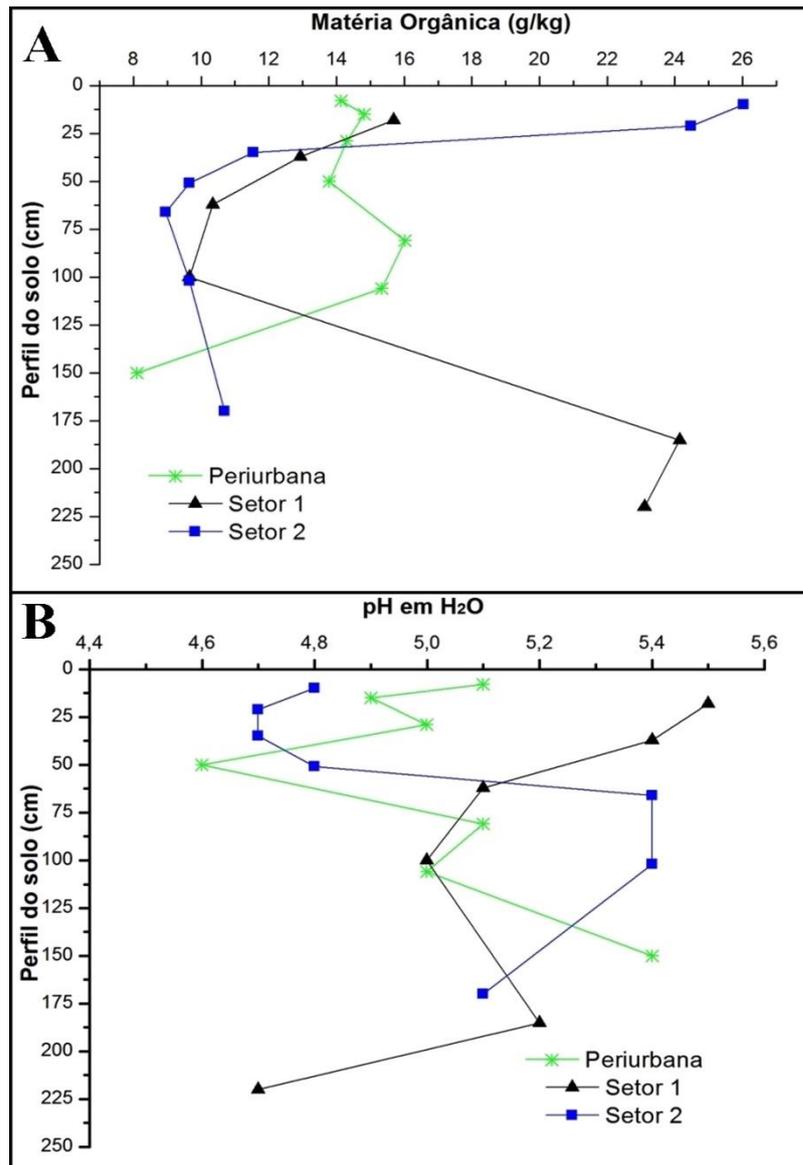
Esse fenômeno ocorre principalmente devido à remoção de sedimentos arenosos da base do terraço, pois são menos coesos frente às forças de entalhamento fluvial. Assim, ao serem retirados pela corrente hídrica, naturalmente provocam a fragilização das estruturas de margem, que desmoronam com a ação natural da gravidade podendo explicar, portanto, a existência de maior quantidade de processos erosivos expressivos neste setor, do que nos outros também afetados por este fenômeno, mas em menor proporção.

### *5.3.2 Matéria Orgânica e pH em H<sub>2</sub>O*

A concentração de matéria orgânica e a variação dos níveis de acidez no solo são fatores já determinados como exponenciais na análise de processos erosivos (GUERRA; BOTELHO, 1996; FIGUEIREDO; GUERRA, 2001). Santos et al. (2013), observam tais características como fatores de grande importância em considerações sobre a coesão dos taludes frente aos mecanismos erosivos presentes no estilo fluvial, enquanto Vasconcelos et al. (2010) destacam a função dos compostos orgânicos na formação e estabilização de agregados que criam resistência à erosão linear.

Nos perfis estudados, há padrões diferenciados destes atributos não tão somente entre os mesmos, quanto entre os próprios horizontes identificados em um mesmo perfil. Distingue-se de forma marcante a variação destas propriedades em superfície e subsuperfície conforme apresentado no Gráfico 3.

**Gráfico 3** – Variação dos parâmetros Matéria Orgânica e pH nos horizontes dos perfis analisados



Legenda: A – Variação do parâmetro “Matéria Orgânica”; B - Variação do parâmetro “pH em H<sub>2</sub>O” Fonte: trabalho de campo, elaborado através do *software* Origin 6.0.

Em relação à matéria orgânica presente nos horizontes superficiais dos perfis analisados, no perfil - setor 2 foi encontrado os maiores teores deste elemento na ordem dos 16,03 g/kg, mesmo que ainda sejam, de maneira geral, níveis médios

segundo a classificação de Ribeiro et al. (1999), na análise deste atributo em solos tropicais.

Vasconcelos et al. (2010) destaca que a apresentação de boas taxas de matéria orgânica sobre o solo torna-se um fator muito importante na regulação de processos erosivos, pois o aporte dado por este atributo na constituição de estruturas do solo contribui com a estabilização dos agregados, permitindo maior aeração do solo, melhores condições de infiltração e, atenuação de fenômenos como erosão laminar.

Ressalta-se que os níveis encontrados no perfil – setor 1 estão diretamente relacionados com a acumulação de biomassa provenientes da atividade biológica identificada nestes horizontes por meio da ação radicular, deposição de folhas, e presença de microfauna no solo, que contribuem, significativamente, com a ciclagem deste elemento no solo.

Nos horizontes subsuperficiais, observa-se como uma das características mais marcantes nos perfis: perfil – área periurbana e no perfil – setor 2, o decréscimo no teor de M.O analisada, se configurando como um comportamento comum na análise de solos tropicais como apontado por Zaroni e Santos (2011).

Apenas no perfil - setor 1 os níveis aumentam com a profundidade, variando de 15,69 g/kg em superfície, chegando até 24,14 g/kg em profundidade, comportamento explicado pela grande presença de raízes de variadas dimensões, projetadas da vegetação adjacente ao perfil, que ajudam a manter na gradação dos horizontes, aeração e acúmulo de matéria orgânica, em boa profundidade.

Em relação ao pH dos perfis analisados, também há boa variação entre os valores encontrados. Nos horizontes superficiais, os maiores valores, uma vez encontrados entre as amostras do setor 1 (5,4 – 5,5), configuram este setor com solo menos ácido em relação aos demais, enquanto que os menores valores observados nas amostras provenientes do setor 2 (4,7 – 4,8), o indicam com maior acidez dentre os perfis estudados.

Já nos horizontes subsuperficiais, observa-se diminuição na acidez do material coletado nos perfis do setor 2 e área periurbana, enquanto que no setor 1 o efeito é exatamente o contrário, onde há sensível acidificação de acordo com a

profundidade (5,5 – 4,7). O contato da água com os taludes, as atividades desenvolvidas por meio do uso do solo local e os atributos da própria vegetação, são algumas das variáveis que esclarecem a flutuação dos valores observados e os tornam distintos.

Como destacado por Guerra e Botelho (1996) e Zaroni e Santos (2011), os minerais e outros componentes em suspensão no material coloidal do solo, juntamente com a percolação da água e o desencadeamento de reações entre os elementos presentes no processo, contribuem com a lixiviação de bases e intemperização do solo, explicando tais variações de M.O e pH entre os horizontes superficiais e subsuperficiais, principalmente se considerada a influência do rio Araguari e seu contato com os terraços durante as cheias sazonais.

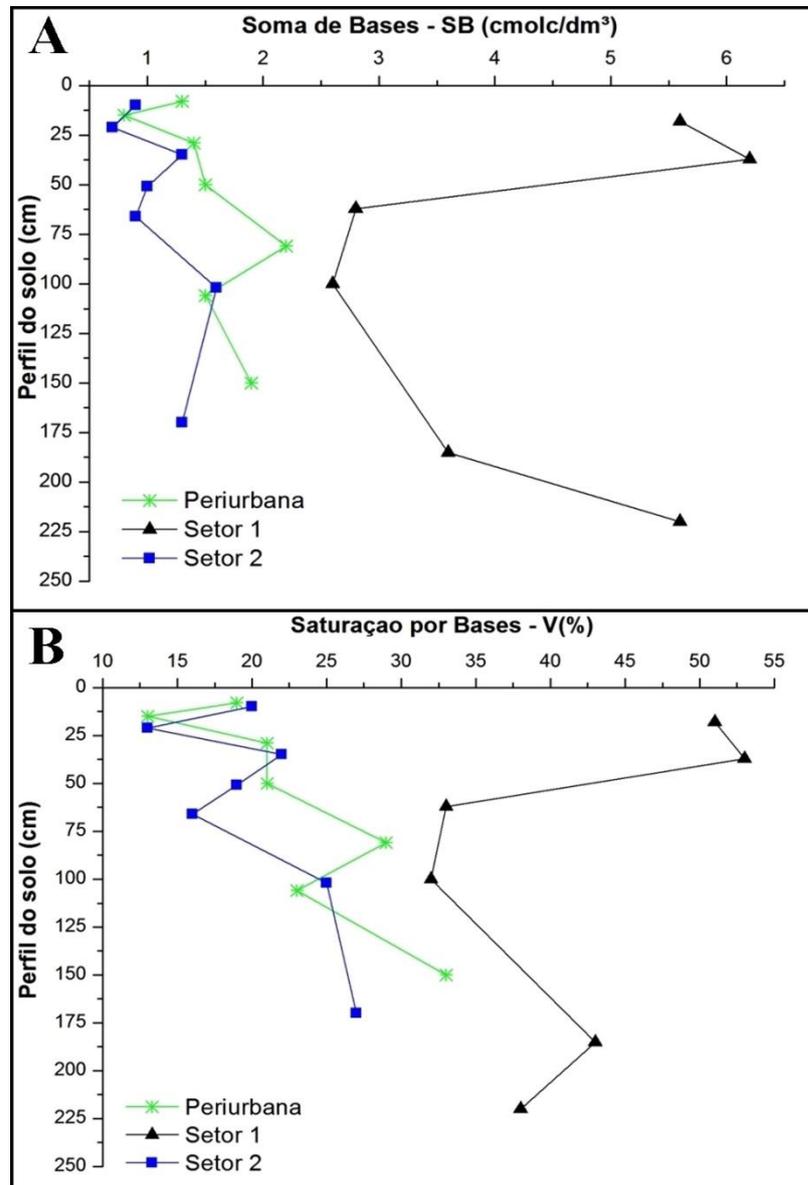
### *5.3.3 Soma de Bases (SB) e Saturação por Bases (V)*

Ronquim (2010) explica que a Soma de Bases (SB) e a Saturação por Bases (V) são dois atributos químicos relacionados à capacidade de permuta de cátions no solo, configurando-se como excelentes indicadores das condições gerais de fertilidade do mesmo.

Segundo o autor, a apresentação de baixos níveis de ambos indicadores sugere saturação por alumínio e diminuição de cátions que, ao gerar maior acidez e toxicidade no solo, pode comprometer a proliferação de plantas e microrganismos, reduzindo condições para aumento de teores de carbono orgânico e nutrientes essenciais à formação de agregados.

Dentre os perfis estudados destaca-se o do setor 1, cujos resultados expuseram maiores valores destes atributos nos horizontes superficiais e subsuperficiais analisados, indicando boas condições para o desenvolvimento radicular de plantas, que ocorre de forma expressiva no local (Gráfico 4).

**Gráfico 4** – Variação dos parâmetros Soma de Bases (SB) e Saturação por Bases (V) nos horizontes dos perfis analisados



Legenda: A – Variação do parâmetro “Soma de Bases”; B – Variação do parâmetro “Saturação por Bases”. Fonte: trabalho de campo, elaborado através do *software* Origin 6.0.

Por outro lado, o perfil analisado na área periurbana da cidade e o perfil analisado no setor 2 da orla urbana municipal apresentaram níveis semelhantes e bastante inferiores se relacionados ao outro perfil em evidência.

No setor 2 foram encontrados os menores valores de bases trocáveis no material analisado, que variam de “baixa” a “muito baixa” saturação (20% - 13%) (RIBEIRO et al., 1999), destacando-o como a unidade de solo com menores

condições de desenvolvimento de raízes e microrganismos, se comparada aos demais perfis avaliados.

Embora os níveis descobertos apresentem-se de forma aparente como fator pouco contribuinte o desenvolvimento de vegetação rasteira, Primavesi (2002) esclarece oportunamente que a concentração de  $Al^+$  em razão da diminuição natural de bases trocáveis tais como  $K^+$   $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , não é um fator preponderantemente gerador de níveis de elevada toxicidade às plantas. Segundo a autora há espécies florísticas tropicais que suportam maiores concentrações de  $Al^+$  no solo e facilmente se desenvolvem pela disponibilidade de outros nutrientes, como as gramíneas forrageiras.

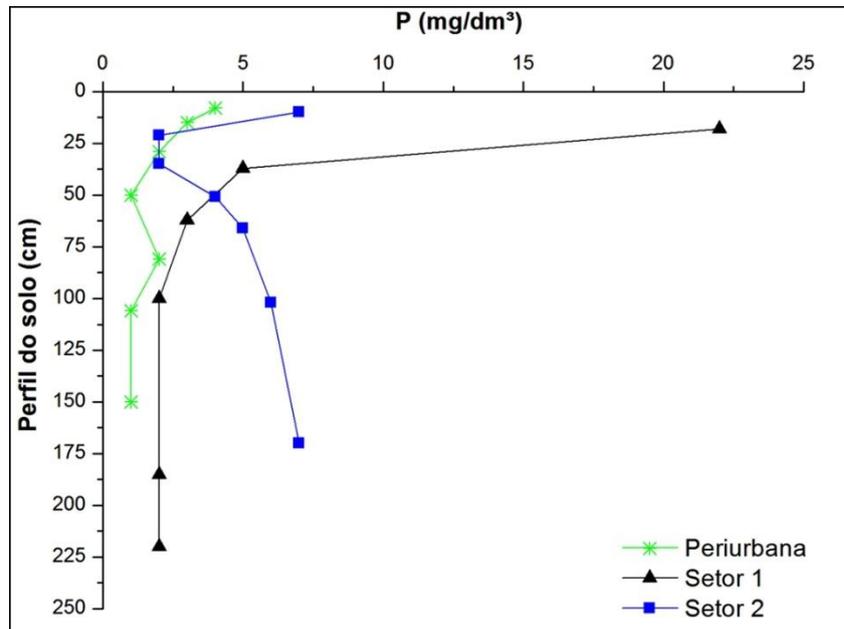
Este fator explica o expressivo desenvolvimento de gramíneas no setor 2, principalmente após o início da estação chuvosa, pois a concentração de matéria orgânica no horizonte superficial (ver gráfico 3), juntamente com a boa disponibilidade hídrica, são suficientes para facilitar o desenvolvimento deste tipo de vegetação mesmo com baixos índices de saturação por bases neste horizonte.

#### 5.3.4 Fósforo

De acordo com Pellegrini et al. (2008), a avaliação de sedimentos erodidos provenientes de unidades paisagísticas com maior ação antrópica, tende a apresentar maior concentração de P em relação às unidades com menor intervenção, variando conforme o tipo e escala de influência das atividades desenvolvidas nestes locais. Dessa forma, as emissões de P por uso antrópicos são, muitas vezes, responsáveis por concentrações de fósforo no solo, muito maiores do que aquelas adicionadas por fontes naturais (FILHO et al., 2015).

O resultado das análises nesta pesquisa permite avaliar que, nos horizontes superficiais, os níveis de P disponível são maiores nos lugares onde há grande fluxo de atividades humanas, como nos setores 1 e 2 da orla, do que no ambiente com menor intervenção, como na área periurbana da cidade (Gráfico 5).

**Gráfico 5** – Variação da disponibilidade de fósforo nos horizontes dos perfis analisados



Fonte: trabalho de campo, elaborado através do software Origin

6.0.

No setor 1, onde foram encontrados os maiores níveis deste nutriente, são desenvolvidas atividades de balneabilidade, sendo possível encontrar no solo restos de alimentos consumidos pela população durante a realização das ações de lazer.

O decréscimo dos valores de P nos horizontes subsuperficiais encontrados nos resultados está relacionado à diminuição das fontes deste nutriente, que também diminuem de acordo com a profundidade dos perfis analisados, corroborando a afirmação de Ribeiro et al. (1999), o qual esclarece que é a dinâmica das fontes que adicionam o nutriente ao solo quem define a variação da disponibilidade do mesmo nos horizontes.

O fósforo é um excelente indicador de atividades antrópicas e sua disponibilidade no solo deve ser avaliada de acordo com a dinâmica de fontes presentes no ambiente analisado. Nas pesquisas Geoarqueológicas, estudos sobre o comportamento do P no solo têm ajudado a elucidar características próprias a assentamentos de grupos pré-históricos na Amazônia (KERN, 2009), e suas prováveis fontes precursoras revelam padrões de ocupação destes povos, já identificados em inúmeros sítios, como no vale do baixo rio Amazonas (COSTA, 2011).

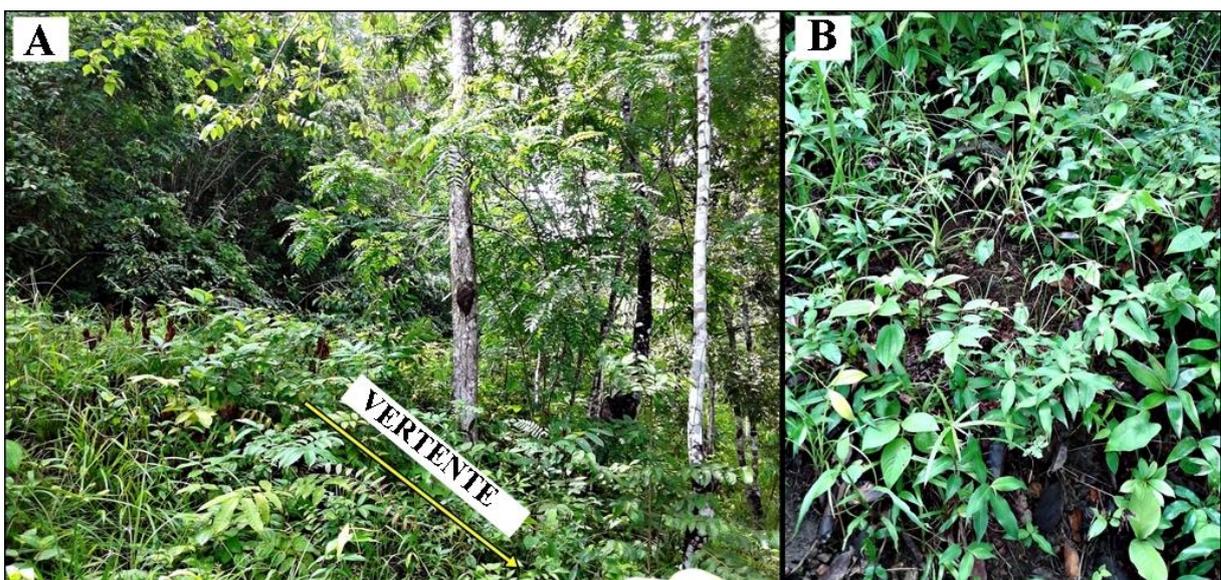
Na pesquisa geomorfológica, por sua vez, a análise deste componente e sua disponibilidade no solo é igualmente importante, pois indica o nível de atividades antrópicas atuais existentes nos ambientes afetados por processos erosivos, e permite a correlação entre o desenvolvimento destas atividades humanas e o comprometimento, ou até mesmo, a degradação do solo em que ocorrem tais problemáticas.

#### 5.4 Cobertura Vegetal

Devido as transformações ocorridas por meio de atividades humanas, avaliou-se que em todos os setores urbanos estudados a vegetação é predominantemente secundária e variam de gramíneas forrageiras, bem como árvores de médio e grande porte em alguns pontos específicos.

Na área periurbana, porém, foram identificados fragmentos de vegetação primária, com espécies típicas de zona de transição entre os biomas: cerrado e floresta de várzea amazônica. São indivíduos arbóreos de dossel emergente, de copas frondosas, com média concentração sobre o solo. Suas raízes encontram-se densamente espalhadas, e é perceptível a ocorrência de gramíneas de forragem e arbustos de pequeno porte (Figura 16).

**Figura 16** – Características da cobertura vegetal da área periurbana



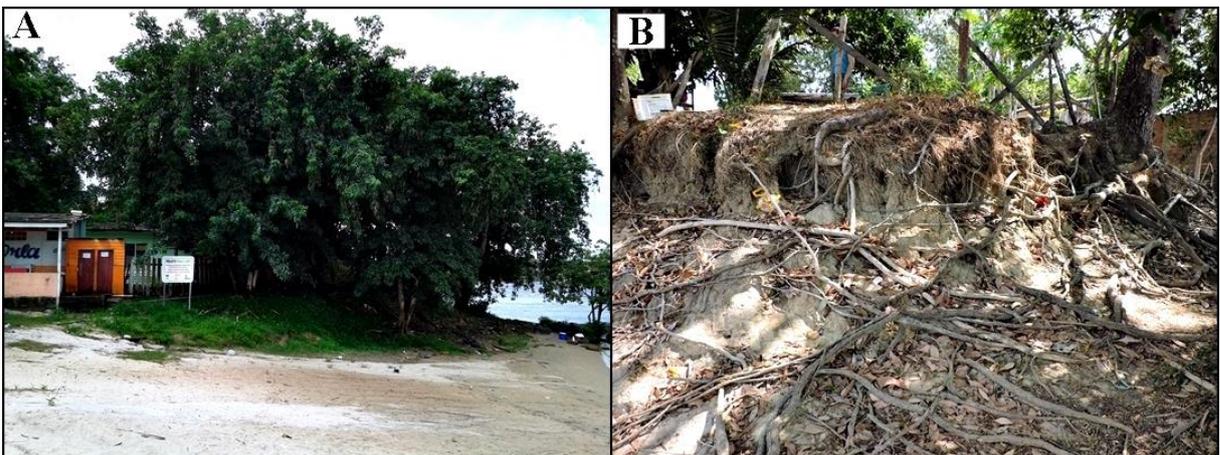
Legenda: A - Vista horizontal da floresta; B - Aspecto do recobrimento do solo local. Fonte: trabalho de campo.

Nesta área, destaca-se a melhor fase local de recobrimento vegetal, cujo relevo mesmo apresentando maior declividade em relação aos setores urbanos estudados, indica maior proteção do solo contra o impacto da água da chuva. Assim, a dinâmica de carreamento de sedimentos por meio de fluxo hídrico ocorre em menor intensidade que em solo descoberto, como discutido por Cantalice (2016), Kateb et al. (2013) e Zhongming et al. (2010).

No setor 1, boa parte do solo na orla é ocupado por casas e outras estruturas construtivas. Nos pontos onde não há grandes modificações, o solo é recoberto por gramíneas e eventuais fragmentos de vegetação arbórea secundária, de médio e grande porte e até espécies frutíferas como a *Spondias mombim* (Taperebazeiro).

Nos pontos onde há maior adensamento arbóreo, a concentração de raízes em superfície chega a ser tão expressiva quanto em subsuperfície. Nos taludes dos terraços é visível a intensa ação radicular. Estes contribuem com a minimização de mecanismos erosivos fluviais, tal como abordado por Hupp e Osterkamp (1996) e Termini (2013), evidenciado o papel da vegetação ciliar na estabilidade dos solos de margem (Figura 17).

**Figura 17** – Características da cobertura vegetal do setor 1



Legenda: A - Adensamento arbóreo; B - Ação radicular sobre o terraço. Fonte: trabalho de campo.

Percebe-se ainda que, o solo, quando exposto pela baixa presença de forragem, possibilita maior velocidade de escoamento superficial e maior transporte de sedimentos. Nos trabalhos de campo ocorridos durante o mês de maio de 2016, período em que ocorre o alto regime de chuvas, no inverno amazônico, foi notado

em pontos diversos do solo local indícios típicos de erosão laminar. Também foram percebidas feições do tipo “*splash*” causadas pelo gotejamento advindo das copas das árvores no local, principalmente após fortes eventos chuvosos em locais em que a vegetação rasteira é pouco expressiva.

Nos setores 2, 3 e 4, os maiores indivíduos arbóreos encontram-se em boa distância da margem ou em zonas restritas, não configurando, portanto, elevada ação radicular sobre os terraços. A vegetação nestes setores resume-se a gramíneas e arbustos.

Durante o período de estiagem, as gramíneas diminuem consideravelmente devido à baixa disponibilidade hídrica no solo ou por intervenções humanas através dos serviços de limpeza pública.

Porém, a ausência de fortes chuvas, neste período, abrandam os efeitos que eventualmente picos chuvosos promoveriam ao solo. Em razão de tal perda sazonal de forragem sobre o mesmo facilita-se a potencialização da ação de mecanismos erosivos neste período, mas também promove maior adição de matéria orgânica ao solo, contribuindo com a estabilização de agregados e, conseqüentemente, maior resistência à erosão superficial.

Naturalmente, com o início da estação chuvosa, notou-se que as gramíneas e os arbustos se desenvolvem sobre os terraços de forma rápida e volumosa, atenuando as forças que atuam sobre o escoamento superficial, se configurando como uma resistência natural aos processos erosivos superficiais (PARSONS et al. 1996; ZHOU et al., 2016).

Este é um bom aspecto observado na área, pois mecanismos de erosão superficial podem causar a perda de fertilidade natural do solo que, por sua vez, limita o desenvolvimento de vegetação local, expondo o solo a fenômenos erosivos robustos, os quais podem favorecer a ocorrência de outros impactos socioambientais, uma vez que a região em questão reúne diversas atividades humanas (Figura 18).

**Figura 18** – Recomposição vegetal durante a estação chuvosa no setor 4



Legenda: A - Fevereiro de 2016; B - Maio de 2016. Fonte: trabalho de campo.

Esponaneamente, este importante aspecto que influencia a dinâmica de erosão avaliada na área de estudo indicam que os fatores controladores de erosão, tal como as pesquisas nesta temática têm demonstrado, possuem grande relevância nos aspectos ligados à degradação dos solos relacionados aos processos erosivos e, por isso, e que será discutido de forma mais ampla no Capítulo 7 desta pesquisa com os resultados do monitoramento de erosão.

Todavia, é necessário maior aprofundamento sobre as principais características de atuação dos fatores controladores identificados neste estudo, pois se percebeu que os mesmos, combinados entre si e com as atividades antropogênicas implantadas na área estudada, podem contribuir, de forma significativa, para a evolução do quadro encontrado gerando prejuízos diversos para a sustentabilidade das mesmas.

A combinação dos fatores controladores de erosão tem sido um campo de abordagem muito discutido na ciência geomorfológica (GUERRA, 2016; LISBÔA, 2010) e, ao que tudo indica, os trabalhos da área tem apresentado grandes contribuições para as análises dedicadas a entender a complexidade deste fenômeno e as consequências dele decorrente para o meio ambiente e para a sociedade.

## 6 USO E OCUPAÇÃO DA ORLA FLUVIAL URBANA DE FERREIRA GOMES

O levantamento de dados em campo permitiu que fossem identificadas as principais características da orla fluvial urbana de Ferreira Gomes, o que viabilizou a contextualização do atual uso do solo na área estudada através do registro dos aspectos locais ligados à ação antrópica.

Foram avaliados principalmente fatores potencialmente geradores de pressão ambiental sobre o meio físico, os quais contribuem com a desestabilização das estruturas que compõem os terraços fluviais, possibilitando que neles atuem processos erosivos intensos.

A orla urbana de Ferreira Gomes possui extensão total de 1,6 km. Neste trecho, o uso do solo e as atividades desenvolvidas são bastante diversificados. Poucos trechos, desta paisagem, apresentam modificações sutis, pois a maior parte da orla é caracterizada por fortes intervenções antrópicas, inclusive em diversos pontos dos terraços fluviais.

Tal como destacado por Magalhães e Maia (2010) e Pedrosa (2013) é importante que estes aspectos relacionados às atividades humanas presentes nas faixas de orla sejam levados em consideração, pois a ocupação dessas áreas, cuja dinâmica geomorfológica é expressiva, promove efeitos os quais também podem provocar a desestabilização dos solos de margem, potencializando mecanismos erosivos com impactos socioambientais e econômicos em diversas escalas de abrangência.

De maneira geral, a orla fluvial urbana de Ferreira Gomes ainda que fortemente alterada, resguarda aspectos que ressaltam a natureza dos taludes e que remontam à constituição natural dos aspectos físicos da área estudada.

Embora diversas estruturas tenham sido edificadas nestes espaços, a ausência de meios de contenção contínuos permite inferir que os terraços fluviais permanecem expostos aos mecanismos naturais de erosão próprios ao sistema geomorfológico atuante sobre a bacia hidrográfica do rio Araguari.

É importante considerar o cenário encontrado a partir de uma análise integrada sobre as características naturais e dos processos atuantes sobre a área e a

interação destes fenômenos com a ocupação estabelecida ao longo dos anos sobre os terraços.

Tal como sustentado por Rodrigues et al. (2014), a correta identificação de fatores que influenciam a evolução de processos erosivos locais constitui-se a partir de uma percepção adequada sobre os aspectos naturais dos fenômenos e das características relevantes provenientes de alterações diretas e indiretas, proporcionadas por aqueles que utilizam o meio físico para o desenvolvimento de inúmeras atividades que interferem na morfodinâmica do terreno.

### **6.1 Contextualização das formas de uso do solo**

De acordo com Plano Diretor de Ferreira Gomes (FERREIRA GOMES, 2013), de maneira geral, a ocupação da cidade remete à formação local de duas colônias no final da década de 1830, fundada na região por integrantes do movimento Cabanagem. As poucas casas existentes espalhavam-se o longo das margens do rio Araguari, o qual acabou tornando-se um importante vetor de ocupação regional, tendo a cidade de Ferreira Gomes sua expansão a partir das margens deste rio.

Ainda conforme o plano diretor da cidade, nas décadas seguintes, a expansão da dinâmica econômica proveniente do ciclo da borracha na Amazônia permitiu novo incremento demográfico na região com a construção de uma escola rural na área em 1944 e, com a implantação da colônia agrícola do Matapí pelo capitão Janary Nunes em 1949, tornando-se pontos fundamentais para a ocupação regional. Atualmente, além das variações morfológicas que assinalam as principais características dos aspectos físicos da área estudada, há boa distinção também no uso e ocupação do trecho de orla avaliado.

Segundo o Plano Diretor de Ferreira Gomes (FERREIRA GOMES, 2013), a área com maior densidade demográfica é a parte central da cidade com mais de 40 hab./km<sup>2</sup>. O trecho de orla estudado compreende uma área classificada pelo plano diretor da cidade com média densidade populacional, situando-se na faixa dos 20,01 a 30 hab./km<sup>2</sup>.

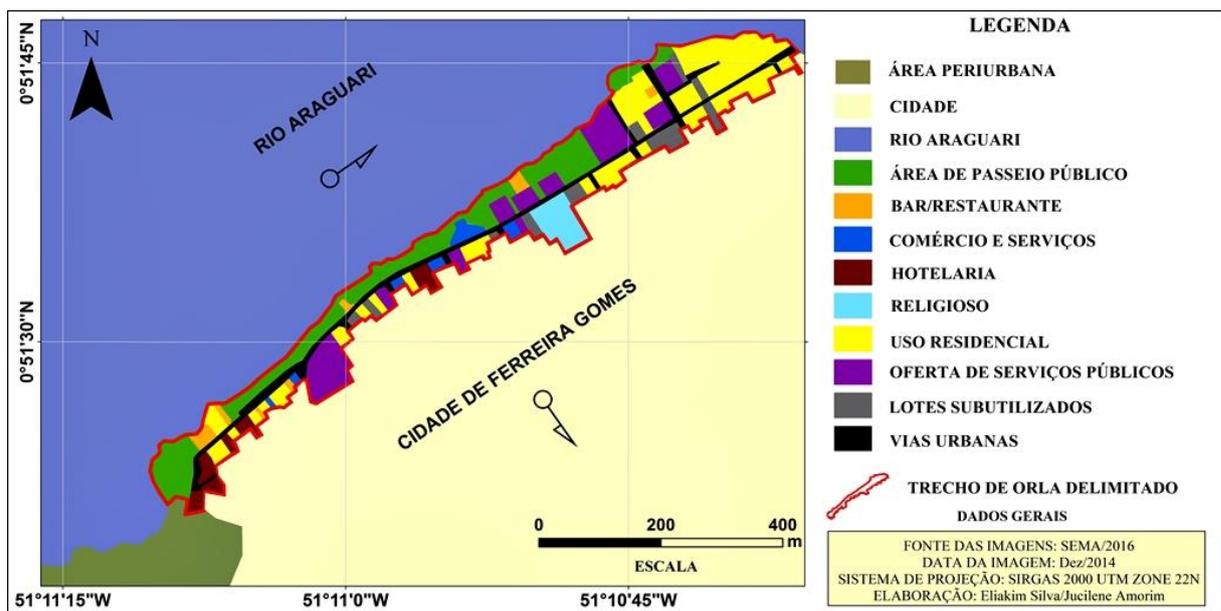
Os trabalhos em campo possibilitaram o levantamento e a confirmação de dados detalhados sobre as principais características de uso e ocupação do trecho escolhido para o estudo. Nesta avaliação, em que foram consideradas apenas as

áreas receptoras de modificações antropogênicas, a área periurbana, embora estudada pelos processos erosivos nela ocorrentes, foi desconsiderada para os efeitos de classificação do uso do solo.

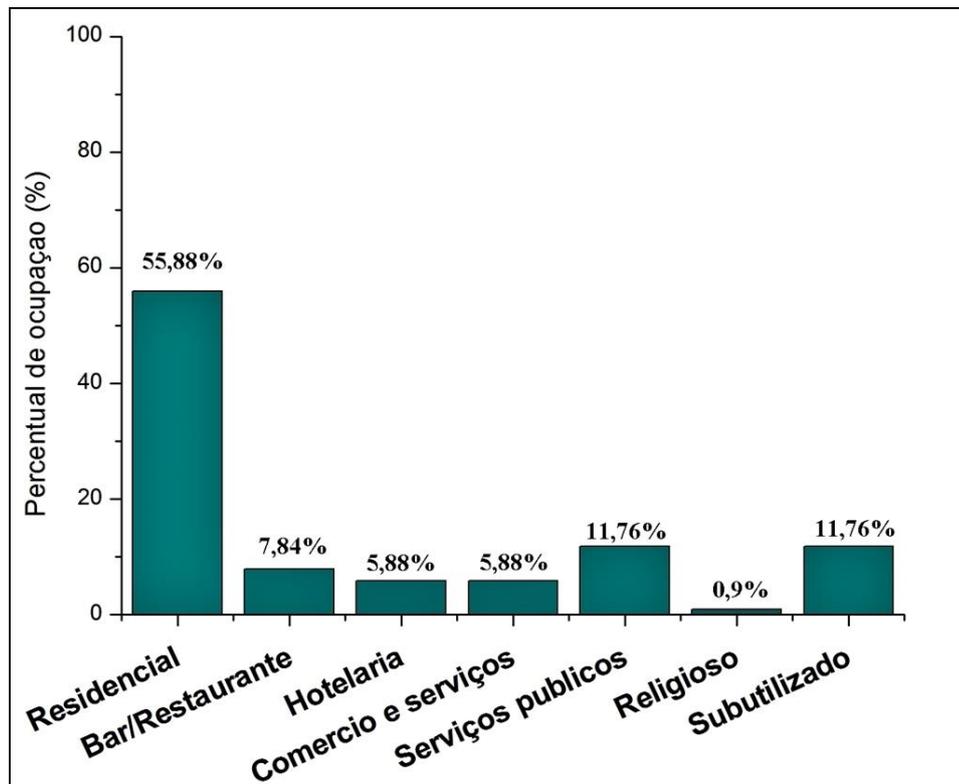
De acordo com IBGE (2013), por meio do Manual Técnico de uso da terra, foram identificadas na área duas classes de uso: as áreas de vegetação natural do tipo florestal (área periurbana), e áreas antrópicas não agrícolas do tipo urbanizada (orla fluvial urbana), sendo esta última a mais proeminente.

Das áreas antrópicas não agrícolas urbanizadas, sem considerar as áreas de passeio público, há sete formas predominantes de uso do solo no trecho demarcado: residencial, bar/restaurante, hotelaria, comércio e serviços, serviços públicos, religioso e terrenos subutilizados conforme apresentado no Mapa 11.

**Mapa 11** – Formas de uso do solo na orla fluvial urbana de Ferreira Gomes – Amapá



Embora no mapa algumas unidades de solo estejam reunidas em um mesmo polígono por terem o mesmo uso, na contagem total foram contabilizadas 102 unidades de parcelamento do solo ligadas às atividades humanas desenvolvidas em áreas conectadas diretamente à faixa de orla, que podem comprometer e serem comprometidas pela evolução da dinâmica de processos erosivos locais (Gráfico 6).

**Gráfico 6** – Uso do solo na orla urbana de Ferreira Gomes – Amapá

Fonte: trabalho de campo, elaborado através do software Origin 6.0.

Percebeu-se que o uso para fins residenciais é a forma mais frequente de ocupação da orla urbana municipal. Ao todo foram contabilizadas 57 unidades com esta finalidade, situadas em sua maior parte no lado direito da rua paralela à margem do rio, correspondendo a 55,88% do total da área estudada.

Em geral, são residências caracterizadas por um ou dois pavimentos, em madeira e/ou alvenaria, sendo observado, em algumas, adaptações ou estruturas edificadas para conter os efeitos das cheias naturais do rio, quando há eventos extremos de chuva e vazão na região, ou como tentativa de controlar os efeitos da erosão basal que ocorre nas margens do rio (Figura 19).

**Figura 19** – Fotografia dos estilos residenciais sobre os terraços



Legenda: A - Residência no final do setor 4; B - Estrutura projetada para minimizar o impacto hidráulico do rio Araguari no período de cheias. Fonte: trabalho de campo.

Destaca-se secundariamente no trecho de orla o uso do solo para a oferta de serviços públicos e subutilização contabilizando 12 unidades identificadas para cada uma dessas formas, o que corresponde a 11,76% do total da área para cada classe mencionada. Na modalidade serviços públicos, destaca-se os serviços de educação, cidadania, segurança pública e gestão municipal. Estas serão mais bem detalhadas posteriormente, na descrição das formas de uso do solo por setor urbano.

Em menor proporção, também foram identificados na orla, formas de uso voltadas à atividade hoteleira com 6 unidades correspondendo a 5,88% do uso da área, comércio e serviços também com 6 unidades e 5,88% do uso do solo local, bares e/ou restaurantes com 8 unidades correspondendo a 7,84% do total de formas identificadas, e religioso com apenas 1 unidade, o que corresponde a 0,9% do uso da área. As referidas formas de uso estão concentradas em grande proximidade com as margens do terraço fluvial (Figura 20).

**Figura 20** – Outras formas de uso e ocupação da área



Legenda: A - Comércio e Serviços; B - Hotelaria; C - Serviços Públicos; D - Terrenos Subutilizados. Fonte: trabalho de campo.

Os bares e/ou restaurantes, embora pouco frequentes, compõem a classe que se destaca quer pela relação direta com o desenvolvimento de processos erosivos locais ou pelo nível de influência que possuem na desestabilização morfológica dos taludes.

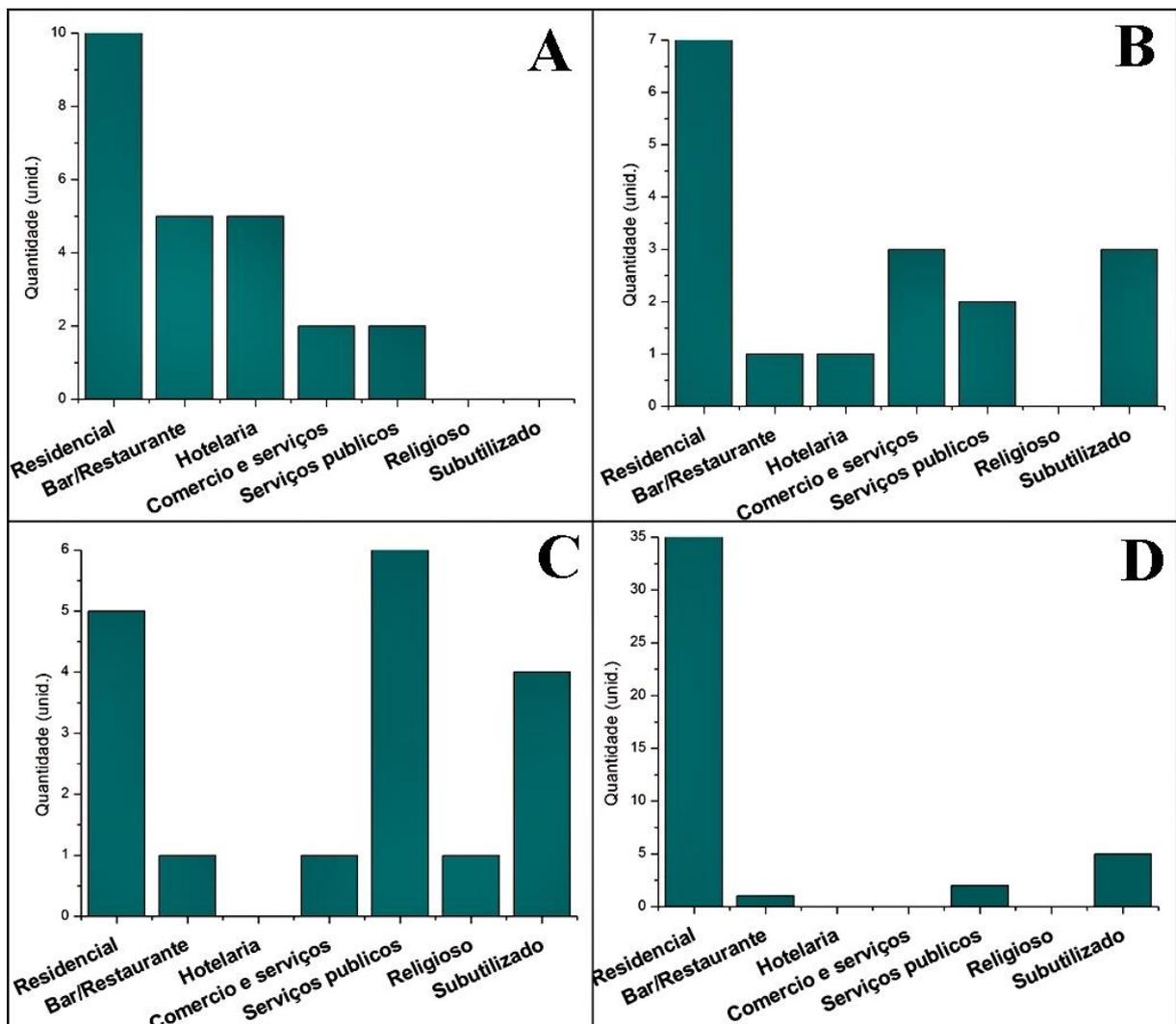
Isso ocorre, porque se excetuando as áreas residenciais edificadas sobre as margens do rio, esta é a forma com mais unidades concentradas de maneira direta sobre os terraços afetados pela dinâmica de solapamento basal e também porque a edificação de suas estruturas sobre as margens geram grandes transformações morfológicas nos taludes naturais analisados.

Tal como explicado por Magalhães e Maia (2010), as alterações promovidas nos terraços por meio do desenvolvimento de atividades de grande impacto sobre as estruturas das margens também podem criar diferentes formas de pressão na área de estudo, aumentando consideravelmente o risco de erosão devido à

desestabilização dos taludes pelo rompimento do equilíbrio da dinâmica geomorfológica atuante sobre o local, tal como ocorre quando a morfologia das margens é alterada para a expansão das estruturas dos bares e restaurantes.

É importante ressaltar, no entanto, que as formas de uso do solo variam de maneira expressiva quando analisado cada fragmento de orla, não sendo aplicável a cada setor, o mesmo padrão encontrado no domínio integral da orla urbana, o que sugere que as diferentes frações da orla urbana municipal também são afetadas por dinâmicas de uso e ocupação diferenciadas conforme corroborado pelos dados apresentados no Gráfico 7.

**Gráfico 7 – Formas de uso do solo nos setores da orla urbana municipal**



Legenda: A – Setor 1; B – Setor 2; C – Setor 3; D – Setor 4. Fonte: trabalho de campo, elaborado através do software Origin 6.0.

Nos setores 1 e 2, por exemplo, percebe-se que o quantitativo de residências também é a configuração que mais se destaca dentre as formas de uso e ocupação identificadas para estes dois setores de orla, tal como observado na visão geral da área estudada conforme demonstrado anteriormente no Gráfico 6.

Por outro lado, ao analisar-se o padrão de ocupação criado pelas outras formas de uso do solo local em cada setor, percebe-se que em alguns casos há muitas diferenças entre o modelo identificado em cada fragmento e o modelo geral observado na área como um todo.

No setor 3, por exemplo, as formas de ocupação ligadas à oferta de serviços públicos são muito maiores que as relacionadas ao uso residencial, hotelaria, bares e restaurantes, comércio e serviços, religioso e terrenos subutilizados, destoando com o quadro geral de uso e ocupação da área de estudo.

No mesmo sentido, observou-se especificamente que no setor 1, além do uso residencial (10 unidades) há grande evidência para o uso hoteleiro (5 unidades) e de bares e restaurantes (5 unidades). Este setor configura uma área de maior tráfego humano e referência turística dada suas condições paisagísticas, com melhor infraestrutura e áreas de lazer adjacentes. Não se registrou no local, a ocorrência de unidades de solo para fins religiosos ou que estivessem em caráter de subutilização (Figura 21).

**Figura 21** – Aspectos dos setores urbanos



Legenda: A - setor 1; B - setor 2. Fonte: trabalho de campo.

No setor 2, observou-se que também há predomínio do uso residencial (7 unidades), embora as outras formas tenham ocorrência diferenciada em relação aos

demais setores, ressaltando que não só os aspectos físicos foram cruciais para a delimitação da orla em seções, como também as formas de uso e ocupação que variam ao longo do trecho estudado.

O contraste mais notório em relação às outras formas de uso do solo neste setor foi registrado para a comercialização de mercadorias e prestação de serviços (3 unidades), para a subutilização de lotes urbanos (3 unidades) e para a oferta de serviços públicos (2 unidades).

Na comercialização de mercadorias e prestação de serviços destacam-se as “mercearias”, e para a oferta de serviços públicos identificou-se um cartório eleitoral e uma delegacia de polícia civil. Em menor destaque também se percebeu no local que há também uso voltado para a comercialização de alimentos em uma lanchonete (1 unidade) e hotelaria do tipo pousada (1 unidade), não sendo registrado, também, uso religioso em nenhum dos lotes urbanos no setor.

Ocorre que nestes espaços analisou-se que a pressão humana sobre os limites da orla fluvial urbana tende a estar diretamente relacionada com o cenário de degradação ambiental gerado pelas fortes modificações no ambiente natural, facilmente indutoras de processos erosivos acelerados como defendido por Falcão et al. (2005).

Este fator é evidenciado se analisado que, ao longo dos anos, o avanço das estruturas não naturais sobre as margens do rio na área de estudo, aqui chamadas de estruturas sintéticas (concreto armado, ferragens e etc.) ocorreu de maneira expressiva.

Percebe-se também que a compactação do solo e posterior impermeabilização superficial para a construção de áreas de lazer, monumentos ou outro tipo de obra de infraestrutura urbana, exemplificam este fator analisado demonstrado grande relação entre a expansão urbana local e sua contribuição para a evolução de processos erosivos marginais.

Nesse sentido, tal como defendido por Uacane (2014), percebe-se que a ocupação dos limites da orla, sem a adoção de planos urbano-ambientais que visem instrumentalizar e ordenar tal prática incide diretamente sobre os terraços onde a dinâmica geomorfológica é atuante, fragilizando-os frente aos processos erosivos e,

por isso, potencializando a evolução destes que por meio da ação antropogênica geram efeitos negativos sobre a orla fluvial.

Em relação ao setor 3, a oferta de serviços públicos (6 unidades), o uso residencial (5 unidades) e a subutilização de lotes abandonados para sua valorização imobiliária (4 unidades) são as formas mais comuns encontradas. A maior expressividade, contudo, fica por meio da oferta de serviços públicos oferecidos no local, podendo encontrar-se na área a sede da Promotoria Estadual de Justiça e do Fórum Estadual de Justiça, as sedes da Prefeitura Municipal de Ferreira Gomes, da Secretaria Municipal de Educação, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente.

Além destes, também existe no local um Centro Cultural utilizado pela comunidade residente na cidade para eventos diversos, e também um espaço em que está construída a zona adutora de captação de água para abastecimento público, administrada pela Companhia de Água e Esgoto do Amapá – CAESA. Ainda podem ser visualizadas no local áreas em que são ofertados comércio de mercadorias e serviços (1 unidade), Bares e/ou Restaurantes (1 unidade), e uso religioso (1 unidade), sendo destes três o último com maior unidade de área individual utilizada no setor.

Nesta seção, não foram encontrados hotéis, o que pode ser explicado pelas condições de parcelamento do solo e infraestrutura urbana, que no local é precária, excetuando-se as áreas administradas pelos órgãos públicos (Figura 22).

**Figura 22** – Aspectos dos setores urbanos



Legenda: A - setor 3; B - setor 4. Fonte: trabalho de campo.

Contudo, é no setor 4 em que há maior destaque para o padrão diferenciado de ocupação, destoando dos demais setores de maneira expressiva. Percebeu-se no local que o uso do solo para habitação ocorre de maneira intensa (35 unidades), sendo também possível notar de forma mais robusta, neste setor, a sensível falta de ordenamento no parcelamento do solo.

A área compreendida nos limites do setor 4 é semelhante à dos demais setores, porém a concentração de lotes no local é muito superior ao número encontrado nos outros setores delimitados. Dessa forma, o aglomerado de residências é notório não só quando analisadas imagens orbitais, como também é perceptível na composição da paisagem no local.

Cabe aqui ressaltar, tal como defendido por Ferreira (1999) que a fragilização dos ambientes situados nos limites de orlas, seja marítima ou fluvial, relaciona-se diretamente com esta face da expansão e consolidação do processo de urbanização que, através de suas próprias dinâmicas territoriais por meio do uso e ocupação do solo local, afetam a estabilidade das margens frente à dinâmica de erosão, tal como ocorre na área estudada por este trabalho.

Na faixa de orla, do setor 4, registrou-se forte alteração nos terraços fluviais, modificados para a edificação de residências. Além das obras de construção e ampliação residencial, registradas durante os trabalhos em campo, foi possível identificar no local estruturas de contenção das margens, trapiches para ancoragem de embarcações e áreas para lazer (Figura 23).

**Figura 23** – Aspectos de alterações no setor 4



Legenda: A - Modificações nas estruturas da margem do rio; B - Trapiches de residências.  
Fonte: trabalho de campo.

Averiguou-se que a maior parte dos focos de erosão georreferenciados no setor 4 ocorre principalmente onde houve intervenções humanas realizadas de modo a conter o avanço da erosão das margens do rio. Sabe-se que estas estruturas foram criadas, em sua maior parte, pelos moradores da área de modo minimizar os efeitos da problemática identificada.

Porém percebeu-se que, mesmo com a adoção destas formas de contenção, os processos erosivos ainda evoluem de forma rápida e constante, quer pela escala em que as estruturas foram implementadas ou pelo tipo de material utilizado nas obras, fatores que Fortes (2001), Fushimi et al. (2013), Holanda et al. (2009) e Guerra (2016) consideram exponenciais para a resolução de problemas relacionados com a progressão de feições erosivas.

Dessa forma, observa-se também neste setor que a expansão urbana desordenada, desprovida de mecanismos de planejamento eficazes, promove a degradação do solo por meio da pressão antrópica gerada por este processo, afetando negativamente as feições costeiras tal como defendido por Jardim-Porto (2015).

Neste setor, não foram identificados usos do solo voltados à hotelaria, comércio e serviços e uso religioso, mas foi possível identificar lotes subutilizados (5 unidades), além de uso específico para comercialização de bebidas e alimentos (1 unidade) e oferta de serviços públicos, onde funcionam uma escola de educação

infantil e um galpão utilizado pela Secretaria Municipal de Assistência Social – SEMAS (2 unidades).

Percebe-se ainda que a área compreendida nos limites do setor 4 é fortemente influenciada pelas oscilações do rio Araguari, a qual exhibe além de processos erosivos comuns a terraços fluviais, áreas rebaixadas onde há estagnação de água proveniente de descargas pluviométricas ou das cheias periódicas do rio. As atividades desenvolvidas de maneira irregular no local acabam sendo afetadas pela dinâmica natural da drenagem e exibem impactos que comprometem principalmente as habitações edificadas na área de inundação do rio.

Estes impactos reforçam o assunto discutido por Ferreira (1999) ao tratar da fragilização de ambientes naturais por meio da expansão urbana desordenada, o que corrobora a necessidade de adoção de medidas de ordenamento e gestão territorial que sejam eficazes não só para a minimização da problemática erosiva, mas para a atenuação da degradação ambiental gerada pela pressão antropogênica exercida sobre o meio físico.

Nesse sentido, levando em consideração que o uso do solo para fins habitacionais é predominante no setor 4, com a taxa mais alta desta modalidade registrada para este setor dentre todas as outras seções analisadas, é oportuno ressaltar que o Plano Diretor de Ferreira Gomes (FERREIRA GOMES, 2013) revelou outro dado relevante à elaboração de planos futuros para a área, cuja informação foi corroborada com as pesquisas de campo deste trabalho.

Ocorre que em grande parte do setor 4 e área adjacente, principalmente na enseada do extremo leste da orla urbana, predomina o maior número de casas encontradas na cidade com palafitas, configurando uma habitação típica desta área, cuja infraestrutura é bastante precária, observando-se no local a pouca expressividade de benfeitorias nos logradouros públicos tais como, iluminação, asfaltamento, coleta regular de lixo, drenagem de águas pluviais e outras formas de manutenção de limpeza urbana (Figura 24).

**Figura 24 – Habitações no setor 4**



Legenda: A - Aspectos das construções em palafitas; B - Vista de parte da planície de inundação ocupada pela população local. Fonte: Figura A - Plano Diretor de Ferreira Gomes (FERREIRA GOMES, 2013). Figura B – trabalho de campo.

Esta forma de uso é resultado da combinação entre a configuração de habitação na área e a proximidade com o Rio Araguari, o que conduz os habitantes do local a utilizar este tipo de sistema de casas para se proteger das cheias do rio, que uma vez edificadas dentro dos limites da planície de inundação da drenagem, seguem sujeitas às oscilações periódicas que preenchem o local marcado por baixos gradientes de declividade do terreno.

Este aspecto também corrobora o fato de que a principal forma de pressão sobre o ambiente estudado é proveniente da ocupação irregular de áreas impróprias para o desenvolvimento de atividades tais quais identificadas no local durante a pesquisa, bem como discutido por Ferreira (1999), Magalhães e Maia (2010) e Uacane (2014), demonstrando a importância da gestão ambiental e ordenamento territorial como forma de minimizar os impactos negativos derivados da pressão antropogênica criada sobre espaços naturais.

## **6.2 Caracterização dos impactos sobre a geometria dos taludes**

A presença humana nas faixas de orla é considerada por muitos estudos como um fator que se destaca nestes espaços ao relacionar-se o desenvolvimento de atividades econômicas locais com problemáticas relativas a processos erosivos em linhas de costa.

Esta relação ameaça de diversas maneiras a sustentabilidade de atividades socioeconômicas nesses locais, visto que atuação de mecanismos próprios à

dinâmica geomorfológica ocorre de maneira expressiva nestes ambientes como já destacado pelos trabalhos de Magalhães e Maia (2010), Pedrosa (2013) e Uacane (2014).

A ocupação e o desenvolvimento de atividades antrópicas sobre a orla fluvial urbana de Ferreira Gomes indicada através dos vários elementos observados, além da geração de sobrecarga sobre os terraços fluviais e zonas adjacentes, uma vez combinados com a dinâmica natural da área, colaboram com a ampliação e intensificação de áreas atingidas pelos efeitos dos mecanismos erosivos, de forma similar as discussões apresentadas no trabalho de Magalhães e Maia (2010) sobre erosão no rio Neiva, em Portugal.

As formas de uso e ocupação da área neste capítulo tratadas, acabam sendo combinadas com os demais fatores controladores de erosão presentes na área de estudo, interferindo na dinâmica geomorfológica ao serem alteradas características ambientais locais tais como a remoção de vegetação ripária, cuja retirada total ou parcial revelou-se crucial para a intensificação e aceleração dos processos erosivos superficiais identificados na orla fluvial urbana municipal.

Muehe (2005) e Souza (2009) explicam que este fenômeno ocorre nas faixas de orla principalmente pela existência de impactos negativos derivados de atividades humanas realizadas nestes locais, implementadas sem estratégias de planejamento que possibilitem a minimização de elementos geradores de degradação do ambiente físico, tal como ocorre na área de estudo.

Da mesma maneira, a larga ocupação dos terraços fluviais pelas diversas atividades humanas já mencionadas neste capítulo, submete a população fixada no local e as que transitam diariamente na área, a riscos naturais específicos promovidos pelos fenômenos geomorfológicos atuantes sobre a orla urbana municipal.

A ocupação irregular da área avaliada para usos diversos contrasta com a dinâmica de solapamento basal das margens e feições de subsidência do solo onde foram construídas estruturas sintéticas, que dentre as formas erosivas identificadas são as que remetem aos maiores cuidados relacionados a desastres que podem

ocorrer no local, causando perda de vidas humanas e ou prejuízos materiais (BAKER, 1994).

Tais aspectos foram corroborados pelo evento extremo de chuva-vazão ocorrido em 07 de maio de 2015 na bacia do rio Araguari, cujos efeitos foram observados em várias escalas ao longo de toda a orla urbana municipal de Ferreira Gomes.

Trabalhos em campo realizados antes e após o evento possibilitaram o registro de alguns pontos transformados pela ocorrência do fato e fundamentam a problemática de ocupação irregular dos terraços fluviais nos limites de borda do rio onde a dinâmica de entalhamento fluvial é intensa (Figura 25).

**Figura 25** – Transformações em curto prazo por evento extremo de chuva-vazão na orla urbana municipal



Legenda: A - 01/05/2015; B - 14/05/2015; C - 01/05/2015; D - 14/05/2015. Fonte: trabalho de campo.

Outro aspecto relevante, é que também foi possível observar durante o período de pesquisas, diversos movimentos de ruptura de estruturas sintéticas edificadas nos setores 1 e 2 da área estudada, tal como a subsidência de vias de passeio

público, indicadas por sinais prévios como rachaduras e afundamento visível (Figura 26).

**Figura 26** – Comprometimento de estruturas sobre os terraços



Legenda: A - Rachadura no mirante da orla; B - Subsidência do solo; C - Destruição de prédio comercial. Fonte: trabalho de campo.

Estes aspectos assinalam não apenas o nível de transformação dos taludes entalhados pelo rio Araguari, mas demonstra também o grau de fragilidade das zonas utilizadas para o desenvolvimento de atividades antropogênicas devido ao quadro de ocupação e uso irregular de áreas não indicadas para os tipos de atividades tais quais implementadas no local.

Castro (2008) explica que o processo de ocupação de áreas de orla e sua transformação por meio da expansão do processo de urbanização, são fatores potencialmente transformadores da morfologia destas áreas, podendo provocar em diversas escalas espaço-temporal a fragilização de vertentes costeiras frente aos processos erosivos e demais impactos destes derivados.

Assim, entende-se que a ocupação irregular e desordenada em vários pontos da orla fluvial urbana do município de Ferreira Gomes, configuram condicionantes expressivas na transformação dos terraços fluviais a partir da evolução e aceleração de processos erosivos de baixa e média complexidade.

Durante o levantamento de dados sobre a área de estudo, percebeu-se que as leis urbanísticas para o município são incipientes diante do crescimento demográfico percebido ao longo dos anos. Assim, a ausência de leis específicas que ordenem o parcelamento e uso do solo urbano favorece o padrão de ocupação observado no trecho de orla estudado, bem como, interfere negativamente no controle da problemática avaliada.

Neste contexto Muehe (2005), Castro (2008) e Morais (2009) explicam que é por esses fatores que as orlas urbanizadas têm sido bastante consideradas em trabalhos objetivados a discutir causas e consequências da degradação ambiental destes espaços.

Espírito-Santo e Szlafsztein (2016) esclarecem que os impactos promovidos pela forte alteração do nível de base local das orlas através da consolidação de atividades de grande impacto socioambiental ocorrem principalmente porque as ações antrópicas implantadas nestas áreas não são acompanhadas da instrumentalização de planos públicos eficazes de planejamento e gestão territorial.

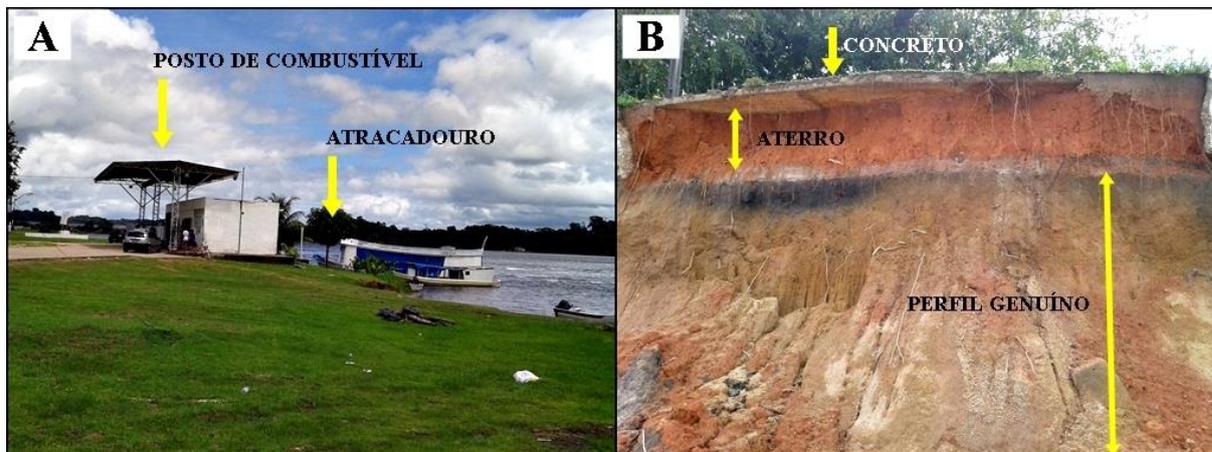
Da mesma maneira, em Ferreira Gomes, a forma como as estruturas são construídas sobre os terraços da orla urbana, desconsideram a atuação de variáveis naturais, cito a remoção da vegetação local, de pequeno, médio e grande porte, que atuam positivamente no controle de mecanismos erosivos, e tornam-se exemplos de transformações negativas na orla, sustentadas pela falta de legislação que gerencie a organização das atividades desenvolvidas na área.

Percebe-se, neste sentido, que o modelo de ocupação estabelecido no passado na área em estudo, e as formas mantidas atualmente, configuram-se como importantes exemplos de fatores que tendem a comprometer a estabilidade dos taludes, pela capacidade de geração de grande carga sobre os mesmos que, em boa parte, encontram-se fortemente entalhados pela atuação do rio Araguari.

As estruturas edificadas incrementam grande pressão sobre as margens fragilizadas pela remoção de sedimentos basais dos terraços, que somados às cavidades observadas na encosta dos terraços fluviais da orla, alertam para o potencial de ruptura de parte dos taludes, podendo ocorrer a qualquer tempo, provocando perdas materiais e/ou prejuízos à vida humana.

A utilização de materiais comuns à construção civil como agentes cimentantes, tijolos, ferro, além da execução de procedimentos básicos na edificação de estruturas sobre as margens, como aterramento, compactação e escavação de pontos específicos para a fixação de vigas, são alguns dos elementos de intenso impacto observados na orla (Figura 27).

**Figura 27** – Aspectos das transformações dos terraços



Legenda: A - Desenvolvimento de atividades de impacto; B - Alteração dos terraços para construção de área de lazer. Fonte: trabalho de campo.

Assim, ressalta-se que as obras de engenharia, sem estudos de avaliação de impactos, promovem significativa aceleração aos processos erosivos atuantes nas margens, gerando cenários potenciais de riscos naturais dada a presença humana no local como retratado por Espírito-Santo e Szlafsztein (2016), Gares et al. (1994) e Ohmori e Shimazu (1994).

Neste aspecto Falcão et al. (2005) e Morais (2009) ressaltam que é por isso que a erosão costeira tem sido considerada como um grave problema ambiental ligado ao crescimento econômico, pois a dinâmica de ocupação das orlas marítimas ou fluviais fragiliza estes ambientes quando ocorrem desordenadamente, causando alterações nas feições geomorfológicas e, potencializando ainda mais os efeitos dos processos erosivos sobre a vida da população que se estabelece nestes locais.

Avaliou-se que na área de estudo, a utilização do espaço para atividades de lazer, balneabilidade, ancoramento de embarcações, e desague de galerias de drenagem pluvial, sem o acompanhamento de estudos prévios que ponderem seus impactos e indiquem procedimentos corretos para o desenvolvimento destas atividades, podem atuar na intensificação de processos na orla fluvial urbana de Ferreira Gomes, comprometendo o uso do espaço pela população local, tal como evidenciado por Falcão et al. (2005) e Morais (2009).

Nesta perspectiva, as constantes intervenções e modificações que ocorrem nas margens do rio, na seção da orla urbana, uma vez que são atividades já destacadas que colaboram com a fragilização dos materiais constituintes dos terraços, merecem

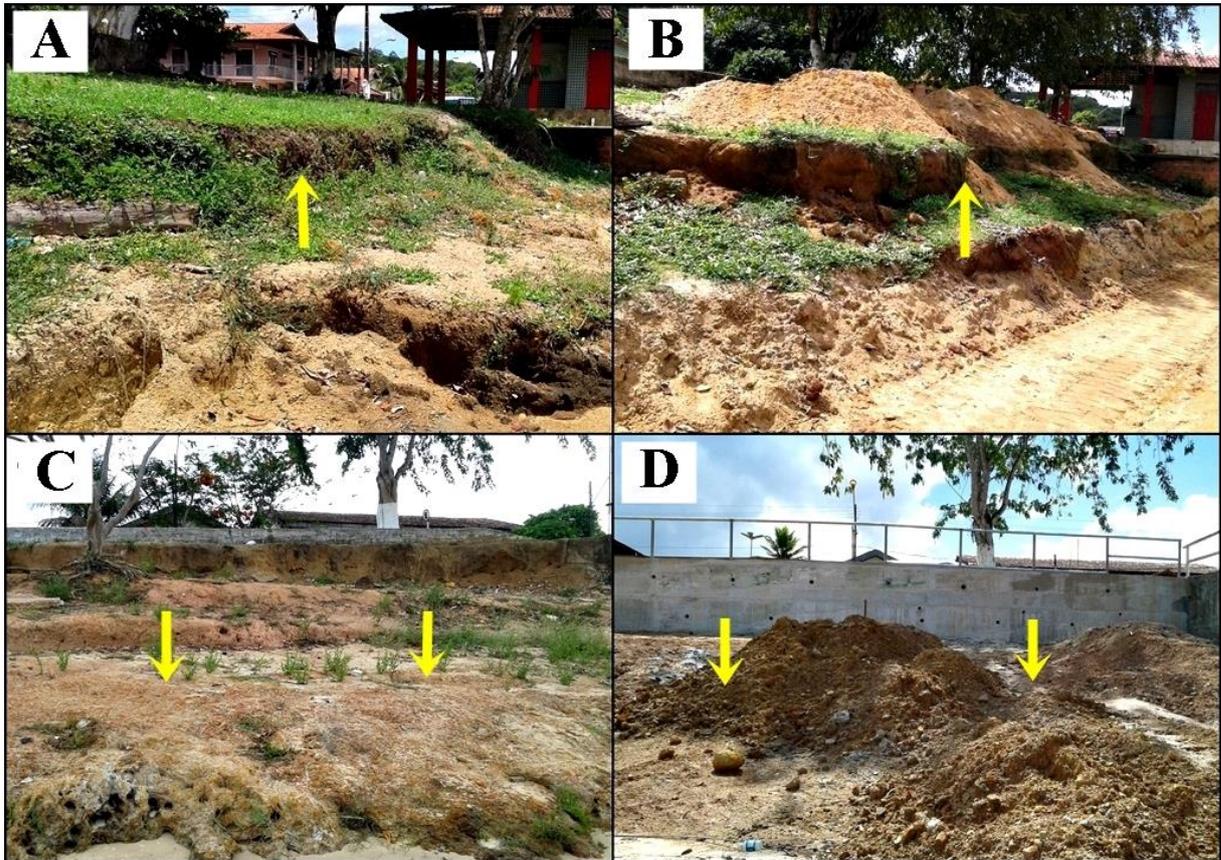
devida atenção para o diagnóstico dos processos geomorfológicos atuantes e possível resolução dos problemas analisados.

Neste contexto, Pedrosa (2013) explica que tal recuo da linha de costa através de mecanismos erosivos de maneira acelerada pode resguardar relação direta com recentes intervenções antrópicas. O autor esclarece que apesar da dinâmica natural contribuir com a evolução do fenômeno, só há degradação quando este é relacionado com fatores antrópicos indutores que deflagram intensamente mecanismos erosivos, como quando as estruturas naturais das orlas são substituídas por pesadas obras de engenharia sobre os terraços sem estudos ambientais prévios.

Ressalta-se que na área de estudo as estruturas mais comprometidas pela evolução da erosão marginal nos setores analisados são alvos de constantes ações por parte da administração pública municipal. Tais ações são tentativas de mitigar os efeitos da perda de parte dos Tabuleiros e suas implicações sobre o uso da área.

Foi possível perceber que as operações que geraram grandes modificações nos terraços ocorreram nos locais onde a dinâmica de solapamento basal é intensa. De acordo com a Figura 28 é possível avaliar que as alterações são de grandes proporções e visam conter o avanço da problemática erosiva que progride sobre a orla urbana municipal.

**Figura 28** – Grandes intervenções sobre os terraços fluviais



Legenda: A - Maio de 2015; B - Janeiro de 2017; C - Dezembro de 2014; D - Janeiro de 2017. Fonte: trabalho de campo.

Entre o final do ano de 2014 até o início do ano de 2017, excetuando-se os esforços contidos nesta pesquisa, percebeu-se que nenhuma das ações tomadas pelo poder público em relação à problemática foi acompanhada de estudos ambientais ou quaisquer formas de monitoramento de erosão, que pudessem esclarecer elementos básicos relativos à dinâmica geomorfológica local.

As principais operações de engenharia desenvolvidas no trecho de orla resumiram-se em: a) reestruturação de calçadas rebaixadas pelo desgaste erosivo; b) Construção de muros de proteção em seções desgastadas pela dinâmica de solapamento basal e; c) aterramento de camadas de areia sobre vertentes também comprometidas pela atuação de processos erosivos.

Observou-se que as obras mais recentes, datadas no período que vai de novembro de 2016 a janeiro de 2017, têm sido realizadas com o objetivo de modificar os taludes naturais para formas sintéticas retilíneas, com a planificação de terraços outrora de feições escalonadas, tal como percebido na Figura 28 (C e D)

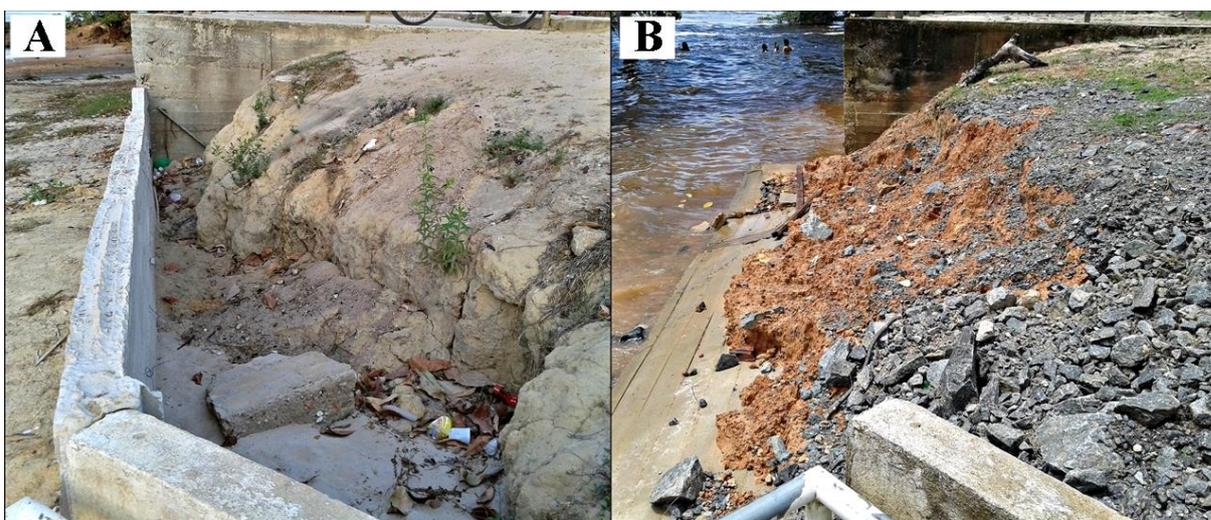
situado na divisa entre os setores 1 e 2, e a construção de muros de arrimo, tal como o edificado em um dos trechos mais afetados pela erosão no setor 2.

Avaliou-se que, no intervalo do período de realização desta pesquisa, muitas das ações tomadas foram, aos poucos, revelando-se ineficazes diante da complexidade e natureza dos processos envolvidos na problemática, indicando a utilização de recursos de maneira onerosa aos cofres públicos, e pouco eficazes para a mitigação dos fatores incidentes sobre os processos erosivos locais.

Verificou-se ainda que devido à ação de turbilhonamento hídrico sob os taludes, seguidos da remoção de sedimentos finos (silte e areia fina) e, conseqüentemente, a subsidência do solo local são fenômenos frequentes, principalmente no período de cheias do rio.

Assim, os blocos de proteção construídos com a finalidade de proteger algumas regiões dos terraços fluviais, ruíram com a força da corrente fluvial. Da mesma maneira, grande parte das camadas de areia depositadas sobre as vertentes foram carregadas tanto por ação pluvial quanto por atuação fluvial durante o rigor do período chuvoso (Figura 29).

**Figura 29** – Obra de contenção de erosão implementada pelo poder público



Legenda: A - Dezembro de 2014; B - Maio 2015. Fonte: trabalho de campo.

Considerando a orla urbana em questão, ressalta-se a importância de elaboração de estudos consistentes quanto à dinâmica de processos erosivos,

seguidos da criação de planos urbanos ambientais para proposição de ações voltadas a minimizar os impactos dos fenômenos nos terraços fluviais.

Magalhães e Maia (2010) e Santos (2010) fornecem em seus trabalhos subsídios suficientes para que se entenda que, nesse caso, a eficácia no controle da problemática identificada perpassa necessariamente pelas considerações acerca do processo de urbanização sobre a área de orla fluvial urbana do município.

Reitera-se, nesse sentido, que a falta de adoção de práticas voltadas ao planejamento urbano-ambiental da área de estudo tenderão a ocasionar a progressão das modificações nestes espaços pelo avanço dos processos erosivos que poderão afetar a sociedade e causar a degradação ambiental do trecho de forma mais emblemática.

Desta forma, entende-se que promover o ordenamento e organização das atividades antrópicas desenvolvidas na área com o objetivo de combinar estratégias de planejamento, sustentabilidade e eficiência com o amplo aproveitamento da orla fluvial urbana de Ferreira Gomes para atividades sociais e econômicas, é o caminho ideal para que as fragilidades encontradas sejam transformadas em potencialidades para o desenvolvimento socioeconômico municipal.

## **7 POTENCIAL DE FRAGILIDADE A PROCESSOS EROSIVOS NA ORLA FLUVIAL URBANA DE FERREIRA GOMES – AP**

As distintas feições encontradas na orla urbana do município de Ferreira Gomes, e a atuação de diversos fatores controladores de erosão identificados, configuram a complexa rede de elementos que atuam sobre a dinâmica geomorfológica local.

Tal como apresentado por França (2003) e Martins et al. (2004), evidencia-se que diversos fatores são promotores da dinâmica erosiva do relevo terrestre, onde nas zonas costeiras, áreas dinâmicas sensíveis às mudanças naturais e antrópicas, podem ser observados elementos os quais agem intensamente provocando a evolução de problemáticas socioambientais.

Na área estudada por esta pesquisa em Ferreira Gomes, também foi esclarecido que as características naturais e as diferentes formas de intervenção humana na área possibilitam a gênese de diferentes feições erosivas em cada setor urbano analisado, de maneira a apresentar áreas com distintos graus de fragilidade quanto à manifestação do fenômeno observado.

Nos limites da área de estudo, considerando tanto a área periurbana quanto os pontos mais extremos do trecho de orla fluvial urbana delimitado, foram registrados locais onde a ocorrência de erosão apresentaram diferentes graus de transformação dos terraços fluviais, observando-se feições que indicam, conseqüentemente, a existência de zonas com diferentes potenciais de fragilidade à erosão.

Ressalta-se neste contexto, que tais mudanças são derivadas não apenas pela dinâmica geomorfológica atuante sobre as zonas de retrogradação identificadas no trecho estudado, fruto de fenômenos naturais como oscilações no nível do leito do rio, alterações nas correntes d'água e dinâmica sedimentar, sendo também promovidas pelo uso e ocupação da seção de orla, tal como defendido por França (2003), Jardim (2010), Lisbôa (2010) e Tabajara et al. (2005).

Desta maneira, a interpretação dos dados primários e secundários que fundamentam esta pesquisa permitiu, de maneira consistente, a associação dos padrões de modelados observados com as principais características naturais e

antrópicas registradas, indicando o nível de relação destes fatores com a evolução da problemática identificada.

Entender que as feições geomorfológicas sedimentares tal qual presentes na área investigada estão sujeitas de maneira mais sensível à erosão, dada sua constituição geológica e sua exposição ao desempenho de agentes naturais e não naturais exógenos em sua transformação, tal como apresentado por Jardim (2010) e Rodrigues et al. (2014), tornou-se um fator exponencial para a análise dos processos registrados durante a execução desta investigação.

Tal fator possibilitou a compreensão de que o potencial de fragilidade à erosão na orla fluvial urbana municipal somente é evidenciado a partir da relação entre as características observadas na área, as quais podem interferir de maneira direta na dinâmica geomorfológica local, uma vez que a capacidade destas de serem fragilizadas por fenômenos naturais e/ou induzidos acabam interferindo no modelado de dissecação dos terraços monitorados, tal como apresentado por Filho e Quaresma (2011) e Merino et al. (2013).

Nesse sentido, é impossível analisar a deflagração dos mecanismos locais de erosão na orla fluvial urbana de Ferreira Gomes sem antes ponderar a influência desempenhada pela forma com que os fatores controladores de erosão se apresentam no local.

Nesse caso, a composição física e química dos perfis de solo, a fase de recobrimento vegetal da área, o grau de inclinação do terreno, as transformações promovidas no nível de base local, a ação fluvial e pluvial e a forma como são desenvolvidas as atividades antropogênicas na área, são alguns dos fatores-chave que influenciam na magnitude e frequência com que estes processos irão surgir e evoluir nos taludes avaliados.

Logo, o destaque dado a esses parâmetros possibilitou a identificação dos fatores deflagradores de erosão e a delimitação de áreas com distintos graus de fragilidade aos processos, indicando diferentes condições ambientais entre os setores urbanos e, conseqüentemente, distintos mecanismos de transformação da paisagem atuantes nos espaços mencionados.

Obteve-se então, dois níveis de análise específicos sobre o potencial de ocorrência a processos erosivos na orla fluvial urbana de Ferreira Gomes, sendo o primeiro relacionado especificamente com os dados obtidos no monitoramento de erosão e o segundo relacionado aos fatores controladores identificados e o nível de alteração do ambiente por meio da ação humana, cuja relação destes pode acelerar ou retardar a evolução das feições dispostas ao longo dos terraços fluviais.

Ressalta-se que o monitoramento de erosão realizado permitiu a avaliação destes principais aspectos relacionados à potencialização ou minimização dos efeitos da erosão local, na área que compreende os limites dos setores urbanos e área periurbana, e a técnica selecionada possibilitou a inferência das principais circunstâncias que conduzem a frequência com que os mecanismos superficiais irão se desenvolver por setor, revelando aspectos indispensáveis à criação de planos que visem à mitigação do problema.

### **7.1 Monitoramento de Erosão**

A técnica de monitoramento adotada revelou-se crucial para a avaliação das formas erosivas encontradas e sobre o papel dos fatores controladores mencionados sobre a dinâmica de processos erosivos na superfície do solo da área evidenciada.

Tal como observado por Oliveira et al. (2014) e Silva (2000), os indicadores ponderados por esta pesquisa constituem-se como fatores comumente considerados em estudos voltados à erosão dos solos, pois se tratam de elementos responsáveis pela regulação da forma, magnitude e frequência em que os mecanismos de erosão são deflagrados e tem sua evolução continuada.

Tal como destacado por Guerra (2016), evidenciou-se que grande parte dos danos observados na orla tem efeitos resultantes da relação entre os processos erosivos e modificações na cobertura vegetal que influenciam de maneira direta a drenagem do potencial pluviométrico descarregado no solo, pois a vegetação retira a proteção natural do solo contra a ação chuvosa, potencializando a força de cisalhamento sobre a superfície do solo, causando assim o desenvolvimento de feições erosivas laminares e lineares.

Os dados obtidos no monitoramento e exibidos no Quadro 2 apresentaram taxas que ratificam estes processos e feições da morfodinâmica do relevo na área, referendando a consideração dos aspectos naturais e antrópicos que atuam sobre a dinâmica geomorfológica de maneira a alterá-la.

**Quadro 2** – Taxas de erosão registradas em cada estação de monitoramento no período de julho de 2015 a junho de 2016

<b>Taxas de Erosão - I.E (mm/m<sup>2</sup>)</b>				
<b>Meses</b>	<b>Área periurbana</b>	<b>Setor 1</b>	<b>Setor 2</b>	<b>Setor 4</b>
Julho/2015*	-	-	-	-
Agosto/2015	6,66	1,25	1,66	7,91
Setembro/2015	6,66	3,83	2,25	7,91
Outubro/2015	6,66	4,08	3,75	10,83
Novembro/2015	6,66	4,08	4	8,3
Dezembro/2015	6,66	4,08	4	8,3
Janeiro/2016	6,66	6,91	1,66	5,41
Fevereiro/2016	5	10,58	1,66	5,41
Março/2016	10	10,41	1,66	5,41
Abril/2016	10	10,83	1,66	5,41
Maió/2016	10,33	11,66	1,66	5,41
Junho/2016	11,66	13,75	1,66	5,41

Fonte: trabalho de campo.

No Quadro 2 observa-se que a fase de monitoramento<sup>1</sup> teve dois principais períodos distintos relacionados à evolução das taxas de remoção de sedimentos das estações, diretamente arrolados com a ação pluviométrica e a dinâmica de carreamento de sedimentos na área dos experimentos durante a vigência do período de estiagem (junho a novembro) e chuvoso (dezembro a maio) na região.

Logo, o volume de dados e a diversidade de fatores que interferiram na amostragem registrada para cada estação implantada na área de estudo exigem que os padrões obtidos sejam analisados e discutidos de forma individual, para que os

<sup>1</sup> Conforme apresentado na metodologia, no mês de instalação, as taxas foram zeradas, iniciando-se o monitoramento somente no começo do mês consecutivo.

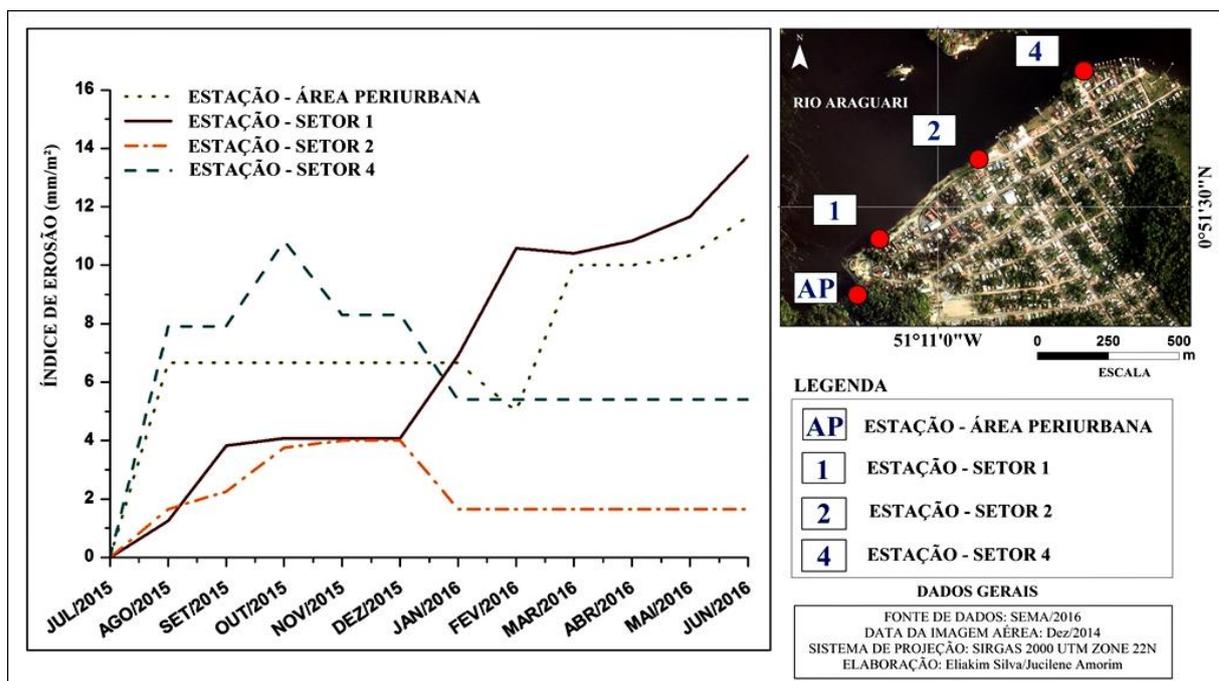
mecanismos de erosão atuantes em cada parcela sejam compreendidos e associados com os fatores identificados nos limites das estações experimentais, o que será discutido nesta seção posteriormente.

O gráfico apresentado juntamente com o mapa de localização das estações de monitoramento de erosão implantadas na área de estudo através do mapa 12 demonstra de maneira mais específica que a evolução dos padrões encontrados em cada experimento ao longo dos meses em que ocorreram registros, possui fundamentais diferenças perceptíveis nos padrões delineados, fundamentando a necessidade de discussão dos resultados de forma separada.

Ressalta-se que é possível observar através da figura que, de uma forma geral, em cada estação a forma de remoção de sedimentos superficiais apresentou um singular comportamento em cada período climático supracitado.

Guerra (2016) explica que tais flutuações em níveis apresentados por estações experimentais ocorrem devido a muitos fatores, e dentre estes se resguarda grande relevância para a quantidade e intensidade da chuva precipitada na área dos experimentos, e outras características locais relacionadas às propriedades do solo, características das encostas, uso e manejo do solo e também sua proteção adequada por meio da cobertura vegetal.

**Mapa 12** – Taxas registradas nas estações de monitoramento de erosão



Observou-se que os índices registrados na estação pluviométrica de Tartarugalzinho (Cód. A243), entre os meses de julho de 2015 a junho de 2016, corroboram os dados apresentados por Oliveira et al. (2010) e Souza et al. (2010) sobre a concentração de chuvas nos meses de fevereiro a maio no médio Araguari.

Os dados apresentados pelo INMET (2017) revelam que o total precipitado na região que abrange a bacia hidrográfica do rio Araguari, entre os meses de agosto e novembro de 2015, foi de um contingente estimado de 23 milímetros entre esses meses, não sendo um padrão suficiente para gerar as taxas de perda de sedimentos registradas no período nas estações que variou nas parcelas entre 1,25 e 10,83 mm/m<sup>2</sup>, nos primeiros quatro meses após a construção dos experimentos.

De maneira específica resgata-se, neste contexto, a influência da utilização da técnica da pesquisa e sua capacidade de promover modificações nos espaços onde os experimentos foram implantados, causando desequilíbrios à dinâmica de escoamento superficial no local, o que pode ter motivado a apresentação destas taxas relativamente altas para um período com índices pluviométricos pouco expressivos para provocar o padrão encontrado.

Porém, nos meses consecutivos obteve-se boa ênfase na atuação de atributos como o recobrimento vegetal da área e a angulação de declividade do terreno, tornando-se dois dos fatores relacionados com a atuação da dinâmica hídrica sobre o solo e que no conjunto dos experimentos, desempenharam significativas funções na atenuação e deflagração de processos erosivos superficiais, corroborando elementos já discutidos por Guerra (2003), Mohammad e Adam (2010), Ochoa et al. (2016) e Zhou et al. (2016).

A partir do início do mês de dezembro do ano de 2015, até o final do mês de junho de 2016, foi percebido um segundo desempenho relacionado às taxas registradas no monitoramento dos pinos das estações, totalmente diferente das taxas observadas no período de estiagem. Este outro padrão, bastante distinto dos registros apresentados no período anterior, revelou a sensibilidade dos experimentos frente à atuação climática, percebida como outra variável com grande influência sobre os processos erosivos na área em estudo (FAVIS-MORTLOCK; GUERRA, 1999).

Ocorreu que no referido período, com a atuação da estação chuvosa, a superfície do solo teve seu período de maior exposição à erosividade da chuva, que possui grande potencial de desagregação e transporte de sedimentos, influenciando a evolução de mecanismos de erosão superficial, tal como observado nos estudos de Eltz et al. (2001), Marques et al. (1997) e Strak et al. (2011).

Assim evidencia-se que, a partir do início da estação chuvosa no mês de dezembro de 2015 e sua continuidade até o final do período do monitoramento de erosão em junho de 2016, revelou-se um segundo período o qual demonstra que os dados registrados em cada estação receberam grande influência das características ambientais naturais e sociais identificadas na área de estudo.

#### *7.1.1 Estação - área periurbana*

Na área periurbana, observou-se após o início da estação chuvosa (dezembro de 2015), o declínio nas taxas de erosão registradas no experimento da área, motivado pela deposição de sedimentos de colúvio transportados através da vertente.

A inclinação moderada do terreno na área, que chega a 26%, propicia o transporte e a deposição dos sedimentos que se acumulam no topo dos pinos fixados na parcela de solo no local, influenciando no decaimento da taxa de erosão da área que regrediu de 6,66 mm/m<sup>2</sup> em janeiro de 2016 para 5 mm/m<sup>2</sup> no mês de fevereiro do mesmo ano.

Com a evolução da erosão percebida a partir do monitoramento dos pinos principalmente durante a estação chuvosa, onde de acordo com INMET (2017) apresentaram cotas de 364 mm, 302 mm e 547 mm precipitados nos meses de fevereiro, março e abril de 2016, respectivamente, percebeu-se que as taxas registradas no experimento da área periurbana voltaram a aumentar de maneira sensível.

Este fator direcionou as análises do trabalho para a relação existente entre dois fatores ambientais importantes no âmbito dos aspectos físicos estudados na área: o gradiente de inclinação do terreno e as características da vegetação local, destacados nos trabalhos de Ochoa (2016) e Zhou et al. (2016) que entre outros autores revelam a importância destes fatores na evolução de processos erosivos.

O aumento nas taxas de erosão da estação – área periurbana de 6,66 mm/m<sup>2</sup> em fevereiro de 2016 para 11,66 mm/m<sup>2</sup> em junho do mesmo ano, além de evidenciarem o potencial de carreamento de materiais sobre o solo através da drenagem pluviométrica e a fragilidade ao desencadeamento de processos erosivos superficiais evidencia também, a importância desempenhada pela declividade do terreno, bem como a função do recobrimento vegetal local.

Algumas seções da superfície do solo no local são exibidas moderadamente expostas, mesmo considerando a regulada concentração de gramíneas forrageiras e arbustos. Ainda que seja percebida a existência de raízes adensadas sobre a terra e uma fina liteira, de maneira geral grande parte da vertente encontra-se relativamente vulnerável à atuação da água, ao carreamento de sedimentos, e ao desenvolvimento de feições erosivas laminares e lineares.

É na área periurbana que a vegetação local exhibe sua melhor fase de recobrimento se comparada aos setores onde as demais estações foram instaladas. Foi identificada nesta seção uma floresta de dossel emergente, com copas frondosas que caracterizam os indivíduos arbóreos, típicos de zonas de transição de cerrado e várzea da floresta amazônica (Figura 30).

**Figura 30** – Vista da área periurbana



Legenda: A - Vista panorâmica da área; B - Local de grande declividade e média exposição da superfície do solo. Fonte: trabalho de campo.

Considerando o contexto da orla de Ferreira Gomes, a vegetação apresenta-se como importante fator de controle de erosão na área periurbana, ainda que a

declividade do terreno com 26% de inclinação corrobore o padrão de erosão encontrado.

Sem a vegetação de grande porte, a exposição do solo ao impacto direto da força das chuvas, principalmente no período em que as descargas pluviométricas foram mais intensas, e a ausência de raízes para atenuar a força do escoamento superficial hidráulico sobre a vertente íngreme, poderiam tornar as taxas de erosão na área maiores do que as registradas, tal como indicado nos trabalhos de Eltz et al. (2001), Guerra (2016) e Strak et al. (2011), que apresentam dados sobre a rápida evolução de processos erosivos em vertentes desprovidas de fatores atenuadores deste fenômeno.

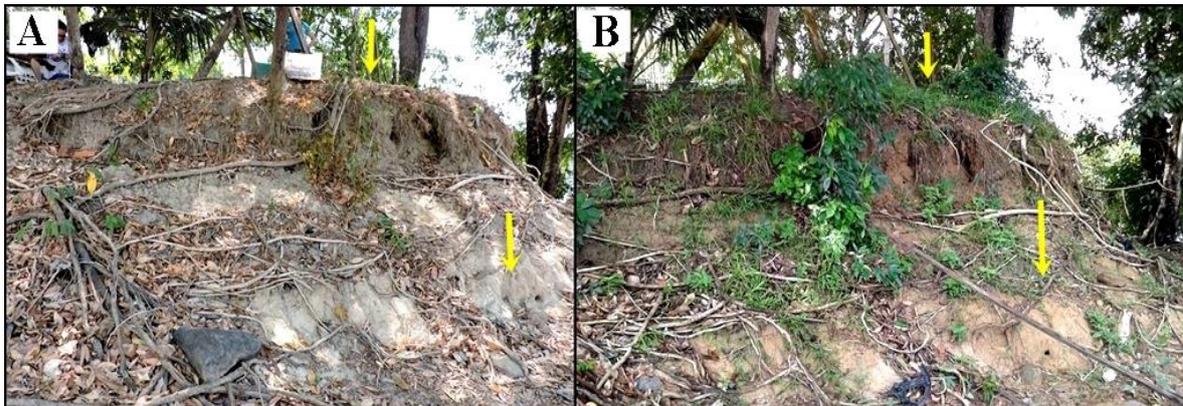
#### *7.1.2 Estação - setor 1*

Na estação – setor 1, a relevância desempenhada pela cobertura vegetal nas taxas de remoção de sedimentos das parcelas também foi percebida de maneira significativa demonstrando, porém, padrões bastante diferenciados dos demais registrados nas estações onde houve bom recobrimento vegetal.

Nesta estação foram visualizadas as taxas mais elevadas de remoção de sedimentos superficiais dentre todos os outros experimentos analisados. Observou-se que o início da estação chuvosa contribuiu de maneira exponencial para a instantânea elevação das taxas de erosão superficial, que desde o mês de janeiro de 2016 foram superiores aos registros dos outros experimentos.

Nesta área, o terreno é caracterizado por baixas declividades, cuja inclinação das vertentes no local varia entre 3% a 8%, bom recobrimento vegetal por indivíduos de grande porte, mas possui baixa concentração de gramíneas sobre a superfície do solo, além de sensíveis alterações promovidas pelo uso e ocupação da área de entorno (Figura 31).

**Figura 31** – Aspectos do recobrimento vegetal sob terraços fluviais, próximo à estação - setor 1



Legenda: A - Novembro/2015; B - Fevereiro/2016. Fonte: trabalho de campo.

Observou-se que a recomposição vegetal no local, mesmo no período chuvoso, ocorreu de maneira bem menos expressiva que nos demais setores, o que viabilizou que boa parte do solo seguisse vulnerável aos mecanismos erosivos pluviométricos.

Considerou-se assim, que os indivíduos de grande porte e a concentração de raízes em profundidade, não foram suficientes para conter o avanço dos processos erosivos durante o rigor das chuvas sazonais do inverno amazônico, pela baixa presença de gramíneas de forragem e raízes superficiais que atuam como fatores atenuantes nesta dinâmica como já destacado.

Menciona-se associadamente à exposição do solo a presença de sedimentos superficiais muito finos de textura Franco-siltosa, facilmente carregados pela ação pluviométrica como um fator muito importante na dinâmica de processos erosivos no setor 1, sendo oportuno ainda considerar os altos teores de fósforo encontrado no solo local, um bom indicativo de ação antrópica sobre a área.

As taxas de erosão registradas para a estação implantada nesta área que aumentaram de 6,91 mm/m<sup>2</sup> em janeiro de 2016 para 13,75 mm/m<sup>2</sup> em junho do mesmo ano corroboram a significativa atuação de processos erosivos superficiais em uma área com baixos gradientes de declividade, intensa ação radiculares, mas pouca proteção do solo com gramíneas forrageiras e que é fortemente alterada por meio de ações antropogênicas.

Observou-se também no local o desgaste proeminente dos taludes devido à dinâmica de entalhamento fluvial com as oscilações no nível do rio Araguari, bem como sinais indicativos de ação humana que podem contribuir com a evolução da problemática identificada (Figura 32).

**Figura 32** – Evidências registradas próximo à estação – setor 1



Legenda: A - Feição erosiva criada por entalhamento fluvial; B - Resíduos remanescentes do preparo de alimentos realizado em local improvisado por banhistas. Fonte: trabalho de campo.

Neste sentido, todos os dados levantados indicaram que a dinâmica geomorfológica atuante sobre a superfície do solo local é envolta por diversos fatores que contribuem para a atenuação ou fortalecimento de fenômenos ligados a retenção ou perda de sedimentos, destacando-se para a área de estudo a relevância da declividade do terreno, da ação chuvosa, da cobertura vegetal, do entalhamento fluvial e da ação antropogênica na evolução da problemática identificada.

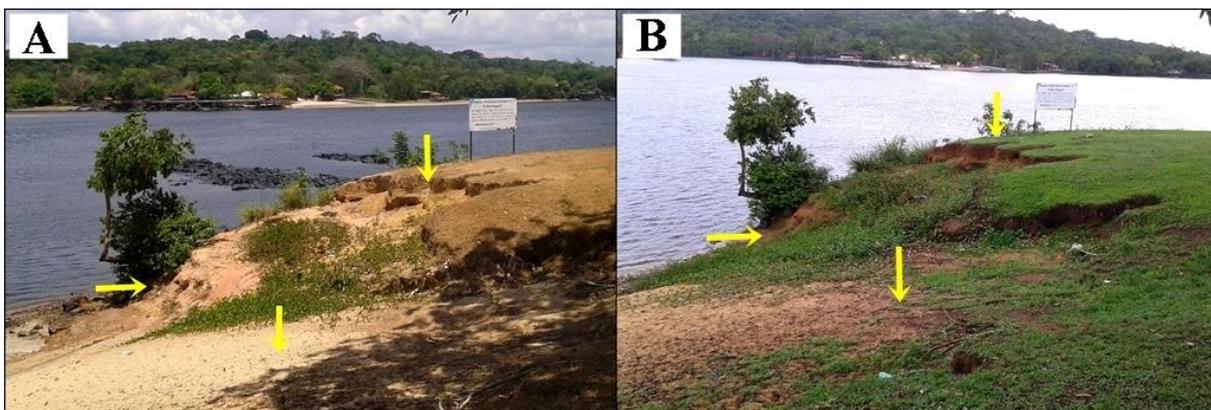
### 7.1.3 Estação - setor 2

A relação entre os fatores, vegetação e grau de inclinação do terreno da área, também referendam aspectos destacados nos trabalhos de Kateb et al. (2013) e Zhongming (2010) que, dentre vários autores, demonstram em suas análises que a vegetação atua como um importante fator de proteção do solo contra o impacto hidráulico da força das chuvas.

Na estação – setor 2, as taxas de erosão superficial registradas no início do período chuvoso em dezembro, quando o solo ainda permanecia exposto chegaram

a um nível de até 4 mm/m<sup>2</sup>, diminuindo e mantendo a cota de 1,66 mm/m<sup>2</sup> nos meses consecutivos até o encerramento do período de monitoramento, quando houve boa fase de recobrimento vegetal por toda a área compreendida pelo setor 2 (Figura 33).

**Figura 33** – Crescimento da vegetação próximo à estação - setor 2



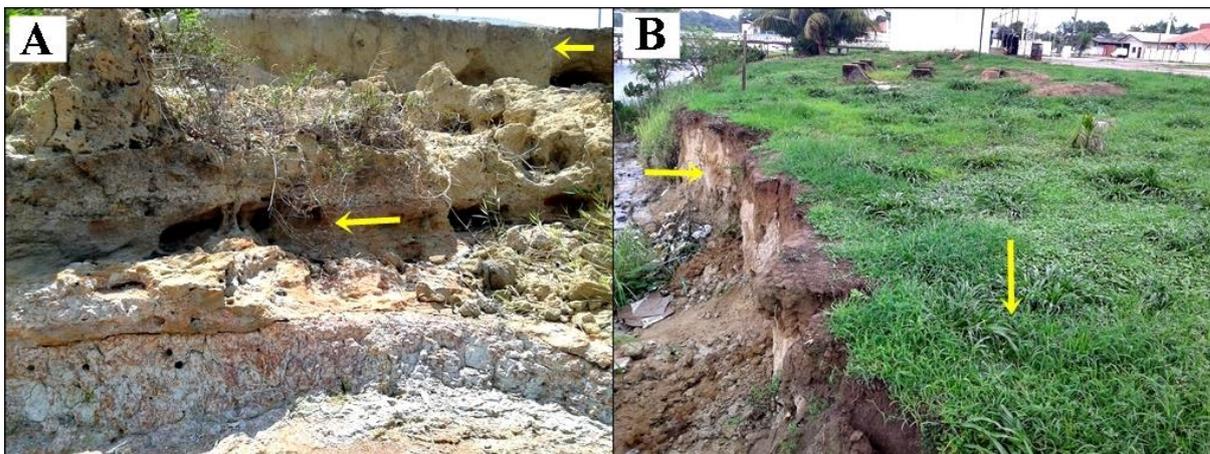
Legenda: A - Outubro/2015 - Estação seca; B - Janeiro/2016 - Estação chuvosa. Fonte: trabalho de campo.

Percebeu-se que o solo outrora exposto com a ausência da vegetação perdida durante o período de estiagem foi recoberto por gramíneas forrageiras e arbustos que cresceram abundantemente no local de estudo, protegendo o solo do impacto hidráulico da força das chuvas e, conseqüentemente, atenuando a força de cisalhamento promovida pelo escoamento da tensão pluviométrica, influenciando o padrão encontrado tal como apresentado por Jiamei Sun et al. (2016) e Zhang et al. (2015).

A natureza dos fenômenos encontrados revelou que, diante do cenário de erosão delineado na orla fluvial urbana de Ferreira Gomes, para que estes processos sejam entendidos em sua complexidade, é necessário que a relação dos fatores controladores identificados com a dinâmica geomorfológica local seja realizada de forma precisa.

Durante o monitoramento de erosão, embora percebida a boa fase de recuperação vegetal na superfície do solo na estação – setor 2 e regiões adjacentes que colaborou com a atenuação dos processos erosivos, observou-se que os terraços seguem entalhados fortemente pela dinâmica fluvial, o que aprofunda a problemática identificada na área e sugere devida atenção dada possibilidade de rápida degradação dos solos locais (Figura 34).

**Figura 34** – Feições erosivas próximas à área da estação - setor 2



Legenda: A - Dinâmica de entalhamento basal; B - Bom recobrimento vegetal x entalhamento fluvial intenso. Fonte: trabalho de campo.

Indica-se que acompanhamento da evolução das feições erosivas aqui apresentadas deve ocorrer para que a correta identificação das condições de fragilidade da área estudada seja promovida por meio da análise comparativa entre a interação entre os componentes da natureza registrados no local e as respectivas respostas criadas pelas perturbações nas encostas, tal como destacado por Guerra (2016), se configurando na melhor forma de diagnóstico das causas e consequências do problema delimitado.

#### 7.1.4 Estação - setor 4

Na estação – setor 4 foi observado uma curiosa flutuação nos padrões encontrados marcados primeiramente pela queda nas taxas registradas entre os meses de dezembro de 2015 e janeiro de 2016, apresentando taxas na ordem de 8,3 mm/m<sup>2</sup> e 5,41 mm/m<sup>2</sup>, respectivamente, seguido da apresentação de taxas constantes nos meses consecutivos.

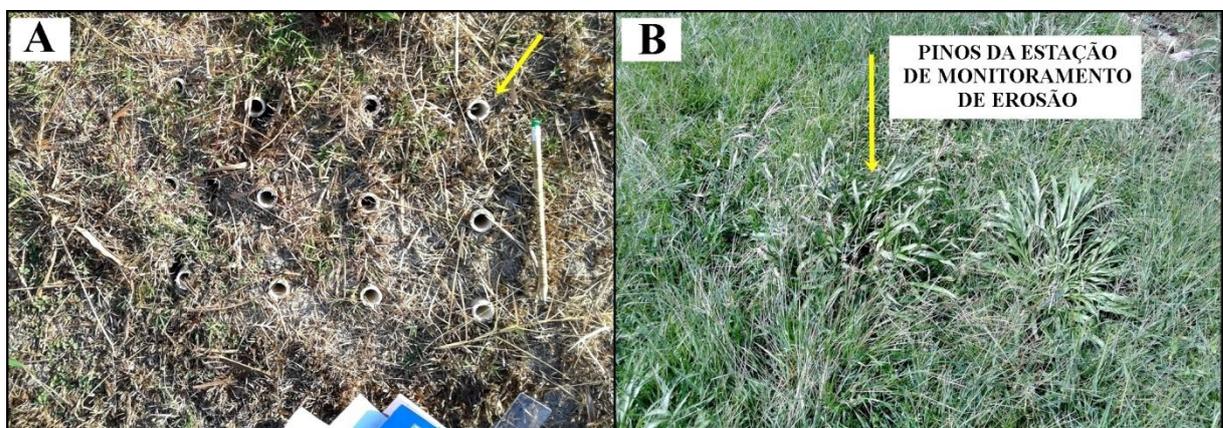
Este padrão de escoamento em superfície apresentado pela estação – setor 4, também ocorreu principalmente devido a recomposição da cobertura vegetal neste setor, aspecto observado logo nos primeiros meses após o início do período chuvoso, em dezembro de 2015, tal como já mencionado.

Segundo o INMET (2017), os índices pluviométricos registrados na para área no período de janeiro a junho do ano de 2016 foi o equivalente a 1.883 mm,

considerado um nível bastante alto se comparado ao que foi registrado durante o período de estiagem de 23 mm entre agosto e novembro de 2015.

A relação da variável climática com as taxas registradas na estação – setor 4 após a recomposição da vegetação, indica sua importância na proteção do solo diante das forças contidas nos mecanismos de erosão que, mesmo com o rigor das chuvas foram atenuadas pelo crescimento da vegetação que se espalhou na área de maneira proeminente (Figura 35).

**Figura 35** – Aspectos do recobrimento vegetal na área da estação - setor 4



Legenda: A - Pinos expostos em setembro/2015; B - Pinos recobertos em fevereiro/2016.  
Fonte: trabalho de campo.

Entende-se que a expressiva forma em que ocorreu a recomposição da vegetação local caracterizada, principalmente por gramíneas, mesmo com boa ação pluviométrica atuante sobre a área no período mencionado, proporcionou a atenuação da força de cisalhamento em superfície, ajustando a apresentação das taxas registradas.

As relações entre as taxas encontradas na estação – setor 4 e os índices pluviométricos registrados referendam mais uma vez as considerações de Oliveira et al. (2010) e Souza et al. (2010), sobre a concentração de chuvas no regime de inverno amazônico, mas corroboraram também de maneira fiel as considerações de Jiamei Sun et al. (2016), Zhang et al. (2015) e Zhou et al. (2016) sobre a importância da vegetação na redução de desagregação de partículas do solo mesmo em condições climáticas intensas.

Considerou-se, então, que o desempenho natural da vegetação na regulação dos processos erosivos locais foi tão satisfatório quanto o desempenho demonstrado na literatura científica nacional e internacional sobre a mesma temática.

As análises sugerem que a identificação e a observação da atuação dos fatores controladores na dinâmica erosiva local foi um aspecto preponderante do monitoramento de erosão, fundamental para a apreciação dos fatores deflagradores dos eventos manifestados nas estações experimentais e em toda a área delimitada no campo desta pesquisa, corroborando resultados muito discutidos pela literatura científica no âmbito desta temática.

### **7.2 Potencial de fragilidade à erosão na área estudada**

Os dados obtidos possibilitam sugerir zonas potenciais ao desenvolvimento de processos erosivos na orla fluvial urbana de Ferreira Gomes, através da identificação dos principais fatores potencialmente viabilizadores de erosão superficial e marginal presentes na área, os quais criam diferentes níveis de fragilidade no local de estudo.

Estes níveis de fragilidades apresentaram-se de forma distinta em cada setor analisado em decorrência da diversidade de características ambientais e antrópicas que se expressam em cada seção de maneira singular. Desta maneira, excetuando-se a área periurbana, considera-se que de forma geral, toda a seção de orla fluvial delimitada e estudada nesta pesquisa é afetada por processos erosivos e por intensas pressões antropogênicas que ocorrem no local por meio do processo de urbanização, colaborando com fragilização e posterior vulnerabilização do ambiente em questão, em similaridade ao discutido por Jardim (2010).

A área onde ocorreu a investigação que fundamentou esta pesquisa exibiu elementos significativos os quais possibilitaram a interpretação de que a fragilização de todo o ambiente monitorado ocorre a partir de alterações nas condições do meio, que acabam gerando modificações no próprio ambiente através de fatores físicos naturais e/ou antrópicos, como ressaltado por Lisbôa (2010).

Dentre estes elementos destacam-se os fatores controladores já mencionados, mas também devem ser evidenciadas as transformações na geometria dos taludes

ocorridas por meio de ações antrópicas desenvolvidas na área, o que se tornou muito importante para a compreensão da dinâmica erosiva identificada.

Nesse caso, de maneira similar ao discutido por Fushita et al. (2010), oportuniza-se mencionar que a fragilidade observada no trecho de orla delimitado, aparentemente sensível à erosão, foi confirmada com a análise das condições naturais da área que, associadas à dinâmica de urbanização, conduziu à evolução da dinâmica geomorfológica local para o cenário atualmente considerado.

A análise de dados primários, após os levantamentos feitos por meio dos trabalhos de campo resultou no registro e interpretação de indicadores de fragilidade à erosão da área, os quais assinalam que a manifestação diferenciada desta dinâmica de transformação do relevo varia de acordo com a apresentação dos fatores controladores de erosão e formas de alteração antrópica, ao longo do trecho estudado, conforme apresentado no Quadro 3.

**Quadro 3** – Indicadores de fragilidade à erosão na orla fluvial urbana e área periurbana de Ferreira Gomes - AP

	EXPOSIÇÃO AO ENTALHAMENTO FLUVIAL			ASPECTOS FÍSICOS			ASPECTOS QUÍMICOS (FORMAÇÃO DE AGREGADOS)			CONDIÇÕES DE VEGETAÇÃO RIPÁRIA			IMPACTOS HUMANOS SOBRE OS TALUDES			DECLIVIDADE DAS ENCOSTAS			PROCESSOS EROSIVOS EXPRESSIVOS		
	MUITO EXPOSTO (3)	SEMI EXPOSTO (2)	POUCO EXPOSTO (1)	MUITO FRIÁVEL (3)	RELATIVAMENTE FRIÁVEL (2)	COESO (1)	BAIXA CONTRIBUIÇÃO (3)	MÉDIA CONTRIBUIÇÃO (2)	ALTA CONTRIBUIÇÃO (1)	INEXPRESSIVA (3)	MODERADA (2)	EXPRESSIVA (1)	ELEVADO (3)	MODERADO (2)	BAIXO (1)	MUITO ALTO > 45 % (3)	ALTO 9 – 45 % (2)	BAIXO < 8 % (1)	FREQUENTES (3)	OCASIONAIS (2)	RAROS (1)
SETORES URBANOS E ÁREA PERIURBANA																					
ÁREA PERIURBANA	3	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	1	-	-	1	-	2	-	-	2	-
SETOR 1	3	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	1	3	-	-	-	-	1	-	2	-
SETOR 2	3	-	-	3	-	-	-	2	-	3	-	-	3	-	-	-	-	1	3	-	-
SETOR 3 <sup>2</sup>	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	1	-	-	1
SETOR 4 <sup>3</sup>	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	3	-	-	-	-	1	-	2	-

Fonte: Lisbôa (2010), modificado pelo autor.

<sup>2</sup> Conforme já destacado no capítulo 5 desta pesquisa, não houve análise física e química no material coletado neste setor.

<sup>3</sup> Idem.

A somatória dos diferentes pesos revelou que a manifestação dos atributos de maneira diversificada ao longo do trecho estudado viabilizou a criação de diferentes graus de fragilidade conforme apresentado no Quadro 4.

Bem como ocorrido nos trabalhos de Fernandes et al. (2001) e Marçal e Guerra (2003), o cruzamento destas condicionantes geomorfológicas registradas foi essencial para a definição dos distintos graus do potencial de fragilidade a processos erosivos na área em evidência, demonstrando a importância da consideração das variáveis avaliadas na dinâmica geomorfológica que conduz à problemática registrada na orla fluvial urbana municipal.

**Quadro 4** – Graus de fragilidade à erosão na orla fluvial urbana e área periurbana de Ferreira Gomes - AP

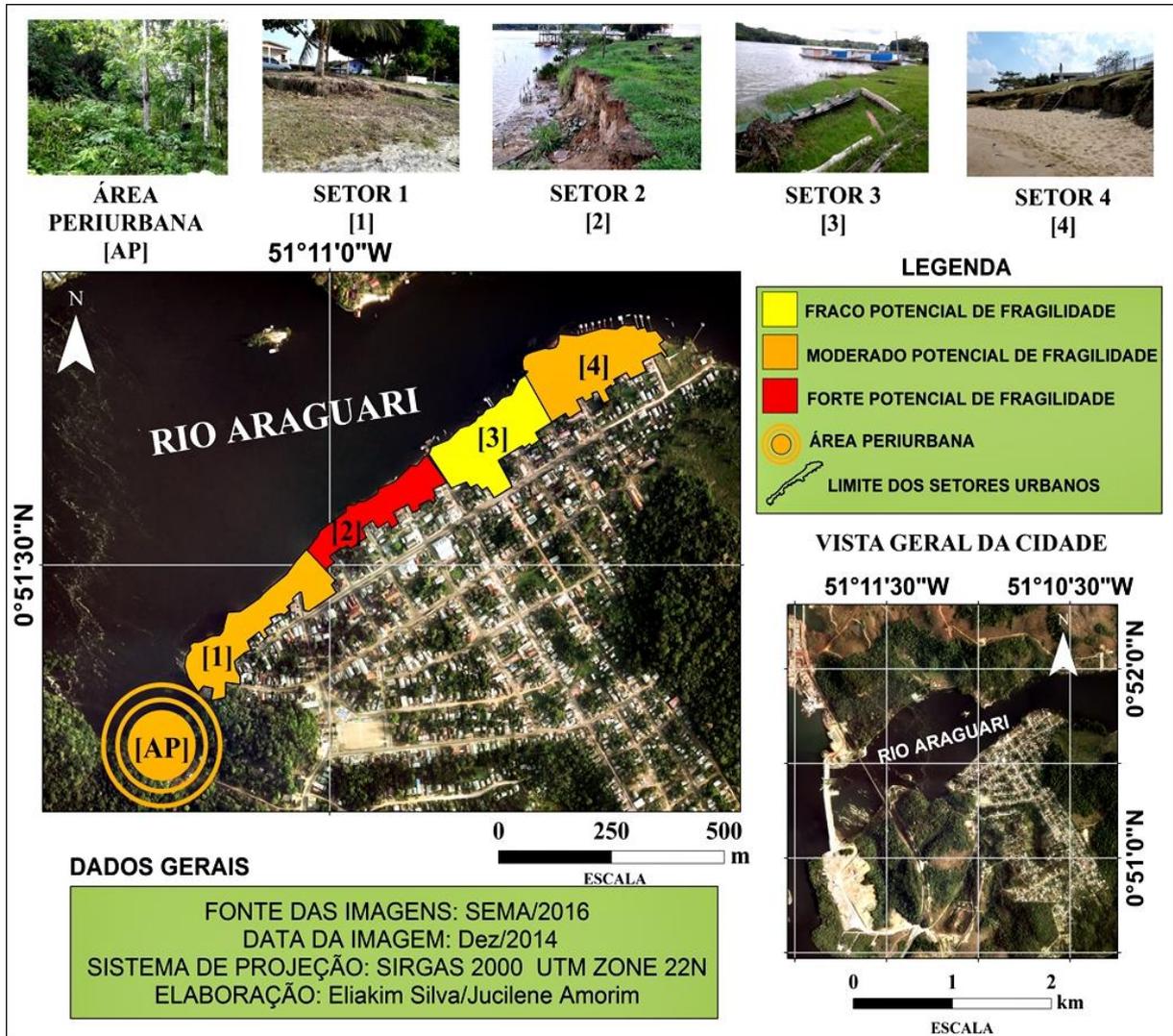
SETOR	SOMA DOS PESOS DOS INDICADORES	GRAU DE FRAGILIDADE À EROSÃO
ÁREA PERIURBANA	13	MODERADO (8 - 14)
SETOR 1	14	MODERADO (8 - 14)
SETOR 2	18	ALTO (15 - 21)
SETOR 3	7	BAIXO (0 - 7)
SETOR 4	11	MODERADO (8 - 14)

Fonte: Lisboa (2010), modificado pelo autor.

Percebeu-se que os atributos registrados que resultaram na classificação do potencial de fragilidade à erosão apresentada pelo quadro 4, demonstram que cada recorte espacial da área estudada possui distintos graus de fragilidade à erosão a partir de três categorias: forte potencial, moderado potencial e fraco potencial de fragilidade à ocorrência de erosão.

A classificação da orla fluvial urbana, a partir destas três categorias, possibilitou apresentar como resultado que, dentre as seções analisadas, uma apresenta-se com baixo grau de fragilidade à erosão (setor 3), três com moderado grau de fragilidade à erosão (setores 1, 4 e área periurbana), e ainda uma última com alto grau de fragilidade (setor 2) à ocorrência de processos deflagradores da problemática erosiva identificada na área de estudo conforme apresentado no Mapa 13.

**Mapa 13** – Potencial de fragilidade a processos erosivos da orla fluvial urbana de Ferreira Gomes – Estado do Amapá



As análises que geraram as interpretações destacadas pelo Mapa 13 ressaltam que as mudanças controladas pela dinâmica geomorfológica local, uma vez relacionada a fatores controladores muito diversificados, geram o distinto quadro de potencial de fragilidade no trecho investigado. Dentre esses fatores distinguem-se os que tendem incidir de maneira natural sobre os terraços fluviais dos que o afetam de maneira induzida pelas modificações antropogênicas.

Lisbôa (2010) esclarece que na análise do cenário de fragilidade criada em ambientes com dinâmica de retrogradação do relevo em áreas de orla, as intervenções que modificam o padrão da drenagem com conseqüente alteração do balanço sedimentar, a impermeabilização de terraços, a compactação, ou as formas

de uso e ocupação do solo são fatores antropogênicos frequentemente associados à problemática erosiva.

No mesmo sentido, Fushita et al. (2010) e Tiz e Cunha (2007, 2014) explicam que as condições de exposição do solo, de declividade do terreno, de infiltração e escoamento superficial e natureza dos sedimentos estruturantes dos perfis de solo, são outros elementos considerados naturais, mas que influenciam na susceptibilidade à erosão em áreas urbanas e rurais, criando condições de fragilidade no ambiente.

Em Ferreira Gomes, nos limites da área de estudo, percebeu-se que é exatamente a combinação dos fatores naturais e antrópicos, tais quais os supracitados que viabilizam os fenômenos registrados causando alterações na morfologia da orla com feições erosivas gradativas, que dependendo da forma e temporalidade com que irão evoluir, podem causar a rápida degradação do solo local e outros impactos socioambientais como destacado por Guerra (2016).

Dessa maneira, visando identificar em quais proporções as características naturais e antrópicas presentes em cada setor do trecho de orla estudado contribuem com a evolução das feições erosivas registradas, cada grau de potencial de fragilidade seguem discutidos de maneira separada, objetivando-se com a isso a síntese das análises de forma com que possam ser destacadas e individualizadas as áreas mais ou menos suscetíveis à erosão no trecho analisado e os principais fenômenos nelas atuantes.

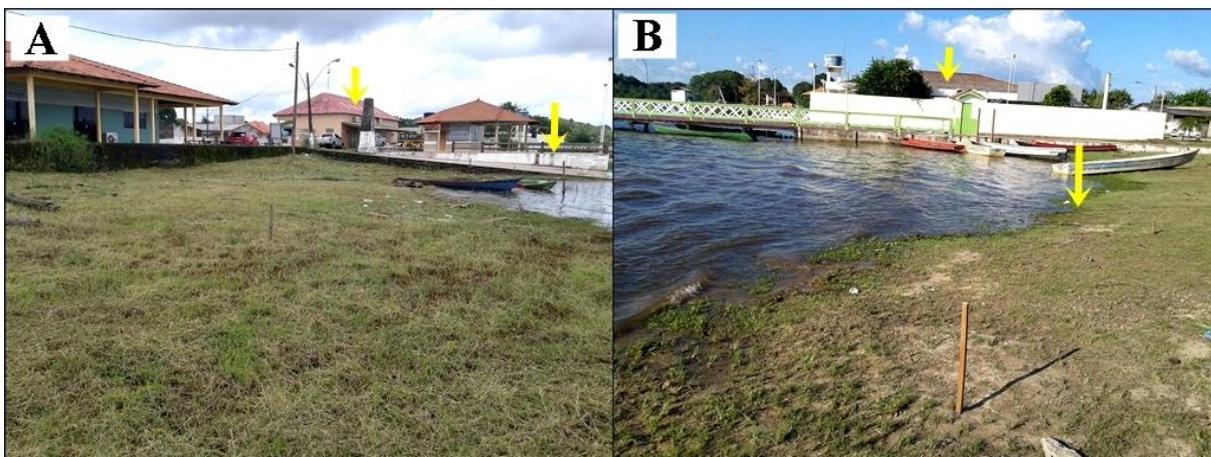
### *7.2.1 Baixo potencial de fragilidade*

O setor 3, única seção da orla cujos indicadores possibilitaram sua classificação como uma área com baixo potencial de fragilidade à ocorrência de processos erosivos, demonstra que os processos morfodinâmicos atuantes neste local agem de maneira mais tênue que nos demais setores.

Na área de várzea que contempla os limites deste setor, embora seja um local alterado pela ação antropogênica em muitos pontos, percebe-se que a falta de terraços com ruptura de declive, e as próprias feições tênues da superfície do solo, colaboram com a baixa exposição da seção à dinâmica de entalhamento fluvial do rio Araguari.

O gradiente de declividade muito baixo no terreno (-8%), as características de várzea predominantes nesta área, e a existência de poucos sinais expressivos de erosão marginal, são alguns dos fatores responsáveis pela classificação sugerida nesta pesquisa para este setor, cuja magnitude e frequência dos fenômenos não criam grandes proporções na evolução dos processos que agem sobre as margens do rio no local (Figura 36).

**Figura 36** – Aspectos registrados no Setor 3



Legenda: A - Edifícios de órgãos públicos e sua proximidade com as margens do rio; B - Estruturas sobre os terraços e baixos gradientes de declividade do terreno. Fonte: trabalho de campo.

Mesmo não sendo feita a análise das propriedades físicas e químicas de amostras de solo local, nem o monitoramento de erosão através das estações experimentais, avaliou-se que as baixas condições de drenagem na área favorecem a boa disponibilidade hídrica no solo durante boa parte do ano.

Tal como destacado por Termini (2013) a moderada expressividade da vegetação ripária, também colabora para que as forças provenientes da dinâmica geomorfológica da área atuem neste setor de maneira mais tênue gerando pouca sobrecarga sobre solo e, conseqüentemente, viabilizando a rara ocorrência de focos de erosão expressivos.

Todavia, de maneira a evitar a ocorrência de problemáticas futuras, e pelas formas de uso e ocupação do local que possui grande interesse para o domínio público, evidencia-se para o setor 3 a necessidade de elaboração e efetivação de meios de planejamento físico territorial com enfoque socioeconômico como uma forma de buscar o gerenciamento das potencialidades e fragilidades desta área

alterada por intervenções antrópicas com grande capacidade de impacto sobre o meio natural, tal como retratado por Fushita et al. (2010) e Nascimento e Souza (2010).

### 7.2.2 Moderado potencial de fragilidade

A área periurbana, e os setores 1 e 4, apresentaram aspectos suficientes para que os mesmos fossem classificados como áreas com potencial moderado de fragilidade a processos erosivos, onde os focos de erosão tornaram-se visivelmente mais distintos e frequentes.

Na área periurbana, a exposição dos terraços ao entalhamento fluvial, o grau de declividade do terreno e as características físicas e químicas do solo, foram os fatores que receberam os maiores pesos dos indicadores avaliados, colaborando de forma evidente para sua classificação como um setor de potencial moderado de fragilidade frente à dinâmica geomorfológica local (Figura 37).

**Figura 37** – Aspectos registrados na Área periurbana



Legenda: A - Vertente íngreme; B - Evidências do entalhamento fluvial. Fonte: acervo do autor.

Nesta área, além da atuação do Araguari nos terraços, percebeu-se que a associação entre a textura franco-argiloarenosa encontrada na superfície do solo local e a declividade do terreno, são fatores que, combinados podem tornar o ambiente bastante suscetível aos processos erosivos, principalmente se a cobertura vegetal do solo não possuir capacidade de atenuação do fenômeno citado.

No setor 1, com solos maduros, de textura franco-siltosa e bem drenado, com alta concentração de raízes expostas e baixas declividades no terreno, percebeu-se que o desgaste dos taludes marginais também é intenso e a dinâmica hídrica que conduz ao solapamento basal é bastante atuante, o que torna o terraço vulnerável aos processos erosivos relacionados ao entalhamento fluvial promovido pelo rio Araguari.

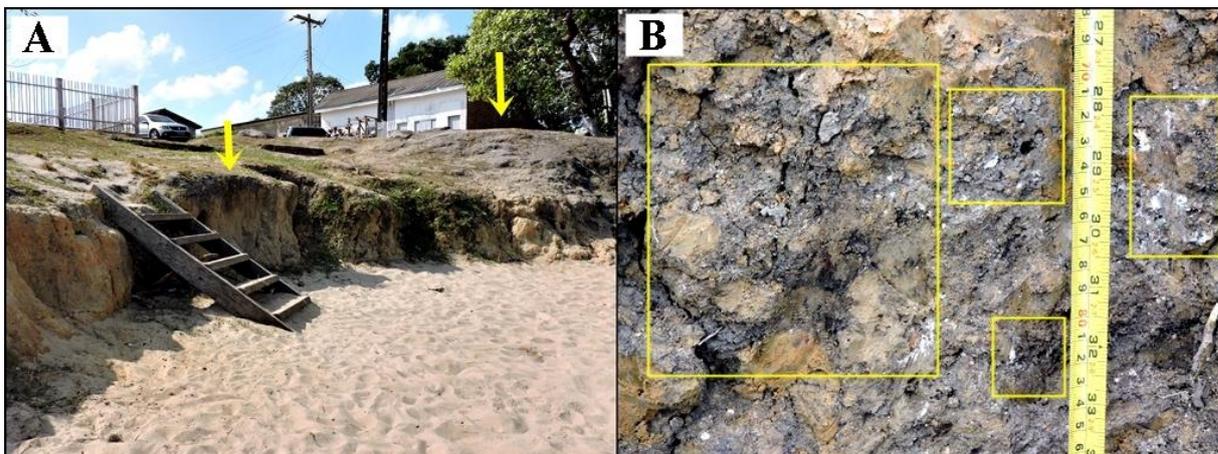
Além das questões ligadas à cobertura vegetal, a erosão em superfície deste local, também é intensificada pela baixa coesão dos sedimentos devido aos níveis de matéria orgânica no setor que favorecem de forma pouco expressiva a formação de agregados resistentes à remoção de sedimentos superficiais, fator que viabiliza a dinâmica de escoamento hídrico e o transporte de sedimentos na vertente, colaborando com o grau de fragilização dos taludes tal como destacado por Guerra e Botelho (1996), Enriquez et al. (2015) e Villela et al. (2015).

Também é possível considerar que o nível de pressão antrópica que ocorre por meio de atividades desenvolvidas no uso e ocupação do solo local também pode influenciar na magnitude com que a erosão irá evoluir ao longo dos terraços, pois da maneira como se apresentam, podem condicionar a atuação destes mecanismos de transformação do relevo de forma concentrada causando diversas problemáticas socioambientais como discutido por Guerra (2016).

No setor 4, por sua vez, mesmo com baixas declividades, percebe-se que o local também segue sujeito à atuação de dinâmica de solapamento basal por fatores idênticos aos anteriormente mencionados no setor 1. Apesar de pouco acentuada, a erosão marginal é perceptível e sua frequência é bem delimitada.

Analisou-se que o fator que vulnerabiliza este setor de forma mais contundente é a grande alteração promovida no solo da área pela ação antrópica. As camadas de aterro e o lixo depositado no local viabilizam facilmente a atuação de mecanismos erosivos, dimensionando a dinâmica geomorfológica sobre os perfis alterados (Figura 38).

**Figura 38** – Aspectos registrados no Setor 4



Legenda: A - Vestígios de aterramento; B - Fragmentos de carvão vegetal e cinzas encontradas nas camadas do solo no setor. Fonte: trabalho de campo.

Em grande similaridade ao que é apresentado por Portz et al. (2016), a ocupação desordenada manifestada também neste setor de orla urbana pode ser considerada como favorecedora do aumento do potencial de fragilidade dos sistemas naturais da área, pois as atividades antropogênicas desenvolvidas nestes espaços tendem a afetar de maneira significativa a morfologia do relevo local por meio de fortes alterações nas feições geomorfológicas naturais, tal como observado no setor 4 com o aterramento e o despejo de resíduos sólidos na área.

Em superfície, cabe destacar que o fator que contribuiu de forma mais específica para a atenuação do carregamento de sedimentos sobre a vertente foi a relação entre o recobrimento vegetal da área por gramíneas e a proteção criada sobre o solo durante o período chuvoso, como anteriormente mencionado.

Mesmo com pouca capacidade de ação radicular sobre o perfil para a contenção processos erosivos mais fortes demonstrou-se a boa função da vegetação na regulação da erosão superficial do solo e indicam uma boa medida para prevenir a evolução do quadro de degradação identificado no local.

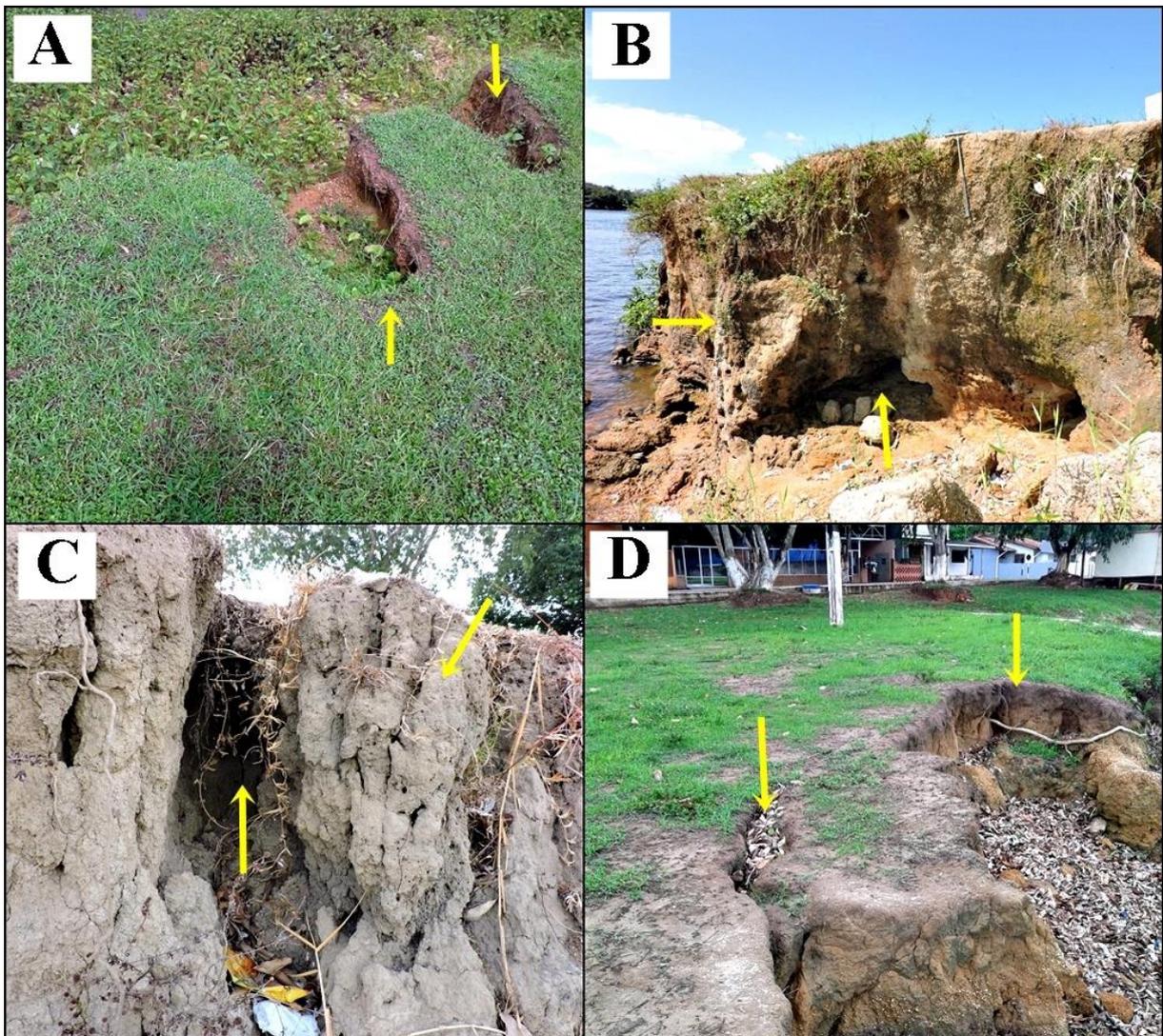
### *7.2.3 Alto potencial de fragilidade*

No setor 2, os baixos níveis de remoção de sedimentos de superfície devido à recomposição vegetal no período chuvoso, os moderados teores de matéria orgânica no solo local, as baixas declividades do terreno e o predomínio de sedimentos grosseiros em superfície aludem sobre os importantes aspectos na

formação de agregados que atenuam as forças de cisalhamento superficial, dificultando a ação de processos erosivos pouco profundos.

Porém, a baixa concentração de raízes com boa ação em profundidade, o predomínio de sedimentos finos, pouco coesos e muito friáveis nas bases dos terraços deste setor, são fatores que facilmente colaboram com a evolução do quadro intenso de erosão basal, classificando-o como o único local da área estudada com forte potencial de fragilidade ao desenvolvimento de processos erosivos (Figura 39).

**Figura 39** – Aspectos registrados no Setor 2



Legenda: A - Erosão no terraço com aspecto sulcado; B - Dinâmica de erosão basal; C - Barranco bastante erodido; D - Progressão dos processos erosivos no talude. Fonte: trabalho de campo.

Neste setor, analisou-se que a magnitude e a frequência dos processos erosivos observados foram sensivelmente mais fortes que em todos os outros setores analisados. Logo, na orla fluvial urbana de Ferreira Gomes, é no setor 2 que estão contidos os mais intensos fenômenos relacionados à problemática identificada na área de estudo.

Todavia, o nível de interferência, causada pelas ações antrópicas nos limites do setor 2, alude que os aspectos problemáticos que as formas de uso e ocupação do solo ocorridas sem ordenamento ou por meio de fracos planos de gerenciamento territorial podem causar sobre o meio natural.

Além da intensa ação fluvial nitidamente registrada nas feições dos terraços deste setor, têm-se a percepção pontual de seções onde as estruturas sintéticas edificadas contribuem para a fragilização das margens com a geração de sobrecarga sobre áreas já afetadas pela erosão basal.

Percebe-se ainda que pouca influência da vegetação ripária por meio de ação radicular no solo local também condiciona o desgaste dos taludes a criar proporções maiores nos modelados de dissecação do relevo, pois além da baixa coesão dos sedimentos do solo frente ao turbilhonamento hídrico, que possuem texturas que variam de textura franco-arenosa para franco-argiloarenosa, há também a fraca presença de fatores controladores que possam colaborar com a atenuação de mecanismos erosivos sobre uma área com características naturais propensas à erosão.

Diante deste cenário, ressaltam-se os cuidados necessários com a conservação da área estudada visto que grande parte da seção de orla fluvial urbana encontra-se afetada pelo desenvolvimento de processos erosivos de maneira acelerada.

A adoção de boas práticas mitigatórias deve, no entanto, passar pelo planejamento urbano-ambiental necessário ao desenvolvimento de ações eficazes sobre a problemática encontrada, considerando a influência dos fatores controladores de erosão nos fenômenos identificados, bem como as demais características ambientais com impactos significativos sobre a dinâmica

geomorfológica local tal como destacado por Ferreira (1999), Fushita et al. (2010), Nascimento e Souza (2010) e Morais (2009).

Dessa maneira, é viável que as observações sobre as zonas com potencial de fragilidade à ocorrência de processos erosivos na orla fluvial urbana do município de Ferreira Gomes sejam consideradas, uma vez que ao longo desta pesquisa o levantamento de dados apontou diferentes indicadores que podem promover a atenuação ou aceleração da dinâmica erosiva sendo, portanto, fundamentais para a interpretação e gerenciamento dos mecanismos de erosão registrados.

Desconsiderar as diferentes escalas de potencial de fragilidade ao desenvolvimento de processos erosivos existentes na área analisada torna-se uma forma comum de permitir que os mecanismos atuantes sobre os terraços monitorados continuem manifestando-se com grande impacto na estrutura dos mesmos.

Ao negligenciar tais aspectos na elaboração de planos e projetos para o referido local, prejudica-se o uso e ocupação da área e, conseqüentemente, compromete-se a sustentabilidade das atividades locais desenvolvidas, ampliando em magnitude e frequência os focos de erosão em curto, médio e longo prazo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os aspectos levantados na área demonstraram que, características distintas perfazem a configuração das formas de relevo local e influenciam nas condições atuais de instabilidade dos taludes, caracterizando o cenário de fragilização das margens através da dinâmica de solapamento basal.

É necessário ressaltar que as cotas de vazão do rio Araguari, a alteração dos perfis pedológicos por atividades antropogênicas, as características relacionadas à coesão dos sedimentos locais, a declividade do terreno e as características da vegetação local são atributos que evidenciaram formas de transformação do meio físico por meio dos processos erosivos, que contribuem com a desestabilização das estruturas dos taludes.

Nas áreas mais afetadas pela evolução de processos erosivos, demonstrou-se que a presença de sedimentos finos no solo, com baixa presença de matéria orgânica que dificulta a formação de agregados resistentes à erosão, além da fraca ação radicular nas margens permitindo que as forças de entalhamento fluvial atuem com maior intensidade, tornam-se exemplos de características diretamente relacionadas com a dinâmica de solapamento das margens geradora da problemática estudada.

As formas identificadas de uso e ocupação do solo local também revelaram grande relação com a evolução da problemática identificada, pois a configuração com que ocorrem possibilita a potencialização de mecanismos erosivos sobre as estruturas naturais dos terraços fluviais, sobretudo, por ocorrerem desprovidas de políticas de ordenamento e gestão territorial capazes de minimizar os impactos negativos derivados da implantação destas atividades.

As modificações promovidas na geometria dos taludes naturais da área estudada com aterramento, compactação e construção de pesadas estruturas sobre o solo configuram-se como formas de desestabilização das margens tornando-se um grande fator contribuinte com a evolução dos processos erosivos locais.

Observou-se, no entanto, que a combinação de diferentes atributos analisados revelou a complexidade dos processos componentes da dinâmica geomorfológica local, onde as características naturais e antrópicas da área ocupam lugar de

destaque na análise destes fenômenos obtendo-se, assim, maior relevância para a ação humana e sua capacidade de transformação na área.

O monitoramento de erosão e a interpretação dos atributos escolhidos para a classificação dos graus de potencial de fragilidade a processos erosivos da área estudada evidenciaram que a problemática ocorre com diferentes magnitudes em cada seção do trecho de orla fluvial delimitado, indicando a necessidade de adoção de práticas apropriadas de gestão urbana-ambiental para cada setor.

A continuidade de pesquisas na área torna-se fundamental, neste contexto, para maior detalhamento no grau de informações, a fim de que ocorram avanços consideráveis na análise dos processos erosivos da área de estudo, e para que seja viabilizada maior compreensão dos atributos contribuintes com a instabilidade das margens da área evidenciada nesta pesquisa.

Indica-se que estudos específicos sobre a variação de vazão do rio Araguari em séries temporais, sobre os impactos derivados do barramento do rio através da construção de usinas hidrelétricas, e sobre as formas mais adequadas de recuperação da área degradada pela erosão no local de estudo, tornam-se importantes meios para a elaboração de medidas eficazes de planejamento que visem mitigar os efeitos da problemática analisada.

Observar estes aspectos torna-se fundamental para a criação de mecanismos que possam subsidiar a promoção de atividades socioeconômicas sustentáveis na área de estudo, contribuindo com a atenuação de impactos que criam limitações ao aproveitamento do espaço através da degradação do solo que, por meio do avanço progressivo da erosão sobre os taludes marginais causam entraves problemáticos ao desenvolvimento econômico local.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Sistema de Monitoramento Hidrológico**. Disponível em: <www2.ana.gov.br> Acessado em maio, 2016.

AIELLO, A. et al. Remote sensing and GIS to assess soil erosion with RUSLE3D and USPED at river basin scale in southern Italy. **Catena**. v.131, p.174–185, 2015.

ANTHONY, E. J. Storms, shoreface morphodynamics, sand supply, and the accretion and erosion of coastal dune barriers in the southern North Sea. **Geomorphology**. v. 199, p.8–21, 2013.

AQUINO, R. F. et al. Soil losses from typic Cambisols and Red Latosol as related to three erosive rainfall patterns. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.37, n.1, p. 213-220, 2013.

BAKER, V. R. Geomorphological understanding of floods. **Geomorphology**. V. 10, p.139-156,1994.

BANDEIRA, A. A. **Evolução do processo erosivo na margem direita do rio São Francisco e eficiência dos enrocamentos no controle da erosão**. 2005, 184p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2005.

BANDYOPADHYAY, S. et al. A proposed method of bank erosion vulnerability zonation and its application on the River Haora, Tripura, India. **Geomorphology**. v..224, p.111–121, 2014.

BARBIÉRO, L. et al. Using a structural approach to identify relationships between soil and erosion in a semi-humid forested area, South India. **Catena**. v.70, p.313–329, 2007.

BAWA, N. et al. Controls on morphological variability and role of stream power distribution pattern, Yamuna River, western India. **Geomorphology**. v.227, p.60–72, 2014.

BESKOW, S. et al. Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling. **Catena**. v. 79, p.49–59, 2009.

BOAVENTURA, F.M.C; NARITA, C. (et al.) **Geomorfologia**. Levantamento de Recursos Naturais – Projeto RADAM – Folha NA/NB 22 – Macapá. Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. v.6. Rio de Janeiro, 1974.

BONILLA, C. A.; VIDAL, K. L. Rainfall erosivity in Central Chile. **Journal of Hydrology**, v.410, p. 126–133, 2011.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. **Bacia hidrográfica e qualidade ambiental**. In: Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Antônio Carlos Vitte, Antônio José Teixeira Guerra (org.). 4ªEd. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 282p.

BOURAOUI, F.; GRIZZETTI, B. Modelling mitigation options to reduce diffuse nitrogen water pollution from agriculture. **Science of The Total Environment**. v.468–469, n.15, p. 1267–1277, 2014.

- CASTRO, L. P. de. **Ocupação urbana em área costeira: a interface urbano-ambiental na orla marítima do Campeche, Ilha de Santa Catarina.** 2008, 199p. Dissertação (Mestrado em Urbanismo, História e Arquitetura da Cidade). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.
- CANTALICE, J. R.B. et al. Interrill erosion and roughness parameters of vegetation in rangelands. **Catena**, 2016. 6p. (in press)
- COELHO, A. L. N. Geomorfologia fluvial de rios impactados por barragens. **Caminhos de Geografia**. Instituto de Geografia – Universidade Federal de Uberlândia. v.9, n.26, 2008. 17p.
- COGO, N. P. (et al.) Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.27, 2003. p.743 –753.
- COLTORI, M.. Human impact in the Holocene fluvial and coastal evolution of the Marche region, Central Italy. **Catena**. v.30, p.311-335, 1997.
- CONFORTI, M. (et al.) Studying the relationship between water-induced soil erosion and soil organic matter using Vis–NIR spectroscopy and geomorphological analysis: A case study in southern Italy. **Catena**. v. 110, p.44–58, 2013.
- COSTA, J. A. **Mineralogia e Geoquímica de Terra Preta Arqueológica para identificação de padrão ocupacional pré-histórico no vale do baixo rio Amazonas (Juruti, Pará).** 2011, 108p. Tese (Doutorado em Geoquímica e Petrologia). Universidade Federal do Pará. Belém, 2011.
- CUNHA, A. C. (et al.) Evento extremo de chuva-vazão na bacia hidrográfica do rio Araguari, Amapá – Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.29, n. especial, São Paulo, p. 95-110, 2014.
- CUNHA, S. B. **Bacias Hidrográficas**. In: Geomorfologia do Brasil. 2ª ed.- Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.
- \_\_\_\_\_. **Geomorfologia Fluvial**. In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 8ª ed.- Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 472p.
- DIAS, G. N. **Estudo Geofísico sobre a erosão fluvial do rio Guamá na orla da Universidade Federal do Pará.** 2011, 110p. Dissertação (Mestrado em Geofísica. Instituto de Geociências). Universidade Federal do Pará. Belém, 2011.
- ELTZ, F.L.F. (et al.) Perdas de solo e água em entressulcos em um argissolo vermelho-amarelo submetido à quatro padrões de chuva. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 25, p.485-493, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA (Brasil). **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. – 2. ed. rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997.
- \_\_\_\_\_. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999. 412p.

ENRIQUEZ, A. G. (et al.) Erodibilidade e tensão crítica de cisalhamento no canal de drenagem de estrada rural não pavimentada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, n.2, p.160–165, 2015.

ESPIRITO-SANTO, C. M.; SZLAFSZTEIN, C. F. Gestão de risco de desastres em planos diretores de três municípios da zona costeira do estado do Pará, Brasil. **Journal of Integrated Coastal Zone Management / Revista de Gestão Costeira Integrada**. v.16, n.2, p.223-229, 2016.

FALCÃO, S. M. (et al.) Alterações na paisagem da orla marítima de Cabedelo em decorrência da dinâmica de ocupação da área. **Cadernos Logepa**. v.4. n.1. João Pessoa – PB, 2005. p.1-14.

FARINASSO, M. (et al.) Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do alto Parnaíba – PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 7, n. 2, 2006.

FAVIS-MORTLOCK, D. T.; GUERRA, A. J.T. The implications of general circulation model estimates of rainfall for future erosion: a case study from Brazil. **Catena**, v. 37, p.329–354, 1999.

FERREIRA GOMES, **Plano Diretor Participativo – Município de Ferreira Gomes**. Prefeitura Municipal de Ferreira Gomes – AP. Ferreira Gomes, 2013. 298p.

FERREIRA, J. C. **Vulnerabilidade e risco biofísico em áreas costeiras: O arco litoral Caparica-Espichei**. 1999, 160p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física e Ambiente). Universidade de Lisboa. Lisboa, 1999.

FERNANDES, N. F. et al. Condicionantes Geomorfológicas dos Deslizamentos nas Encostas: Avaliação de Metodologias e Aplicação de Modelo de Previsão de Áreas Susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.2, n.1, p.51-71, 2001.

FIGUEIREDO, M.; GUERRA, A.J.T. Influência das propriedades físicas e químicas dos solos nos processos erosivos na Gleba Facão no município de Cáceres/MT. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 7, 2001, Goiânia. **Anais do VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão**. Goiânia: GO, 2001. 8p.

FILHO, A. P.; QUARESMA, C. C.. Ação antrópica sobre as escalas temporais dos fenômenos geomorfológicos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.12, n.3, 2011. 8p.

FILHO, F. J. de P.. (et al.) Cargas de nutrientes por fontes naturais e antrópicas na bacia do alto Jaguaribe. **Congresso Técnico Científico de Engenharia e Agronomia – CONTECC**. Fortaleza:CE, 2015.4p.

FORTES, V.M. et al. Uso de tela vegetal no controle da erosão em taludes. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 7, 2001, Goiânia. **Anais do VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão**. Goiânia: GO, 2001.

FRANÇA, C. F. de. **Morfologia e mudanças costeiras da margem leste da Ilha de Marajó (PA)**. Tese de doutorado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará – PA, 2003. 144p.

FUSHIMI, M. (et al.) Vulnerabilidade ambiental e aplicação de técnicas de contenção aos processos erosivos lineares em áreas rurais do município de Presidente Prudente-SP. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n.4, 2013. 14p.

FUSHITA, Â. T.. (et al.) Fragilidade ambiental associada ao risco potencial de erosão de uma área da região geoeconômica Médio Mogi Guaçu Superior (SP). **Revista Brasileira de Cartografia**. n.3/4, 2010. p.477-488.

GARES, P. A. (et al.) Geomorphology and Natural Hazards. **Geomorphology**. v. 10, p.01-18, 1994.

GUERRA, A. J. T. **Encostas e a questão ambiental** (Cap. 6). In: GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. (orgs). A questão ambiental – diferentes abordagens. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_. **Encostas Urbanas**. In: Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

\_\_\_\_\_. **Erosão dos Solos e Movimentos de Massa: Abordagens Geográficas**. Curitiba: CRV, 2016. 222p.

\_\_\_\_\_. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. **Revista do Departamento de Geografia**, v.16, p. 32-37, 2005.

GUERRA, A. T. Contribuição ao estudo da Geologia do Território Federal do Amapá. **Revista Brasileira de Geografia**, Ano XIV, n. 1, 1952. 128p.

GUERRA, A. J. T.. BOTELHO, R. G. M. Características e propriedades dos solos relevantes para estudos pedológicos e análise de processos erosivos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v.19, 1996.

\_\_\_\_\_. **Erosão dos solos**. In: Geomorfologia do Brasil. 2ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

GUERRA, A. T; CUNHA, S.B. da. **Processos erosivos nas encostas**. In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 8ª ed.- Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário Geológico-Geomorfológico**. 6ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 652p.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. Geomorfologia do cotidiano – A degradação dos solos. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.4, n.4, p.116 – 135, 2012.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**. 4ªEd. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 190p.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. **Erosão dos solos e a questão ambiental**. Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Antônio Carlos Vitte, Antônio José Teixeira Guerra (org.). 4ªEd. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 282p.

HANSOM, J.D. Coastal sensitivity to environmental change: a view from the beach. **Catena**, v.42, p.291–305, 2001.

HOLANDA, F. S. R. (et al.) Análise multitemporal e caracterização dos processos erosivos no baixo São Francisco sergipano. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 8, n. 2, 2007.

HOLANDA, F. S. R. (et al.) Impacto ambiental promovido pela erosão na margem direita do baixo São Francisco, no estado de Sergipe. **Anais do VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão**. Goiânia (GO), 2001. 9p.

\_\_\_\_\_. (et al.) Controle de Erosão em margens de cursos d'água: das soluções empíricas à técnica da bioengenharia de solos. **Revista Raega**, n. 17. Editora UFPR: Curitiba, 2009.

HOUSER, C. (et al.) Controls on coastal dune morphology, shoreline erosion and barrier island response to extreme storms. **Geomorphology**, v.100, p.223–240, 2008.

HUBER, R.; SOUZA, B. S. P. Estudo da fragilidade do relevo-solo através da resistência à penetração de estaca em argissolos e neossolos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.14, n. 3, 2013. 9p.

HUPP, C. R.; OSTERKAMP, W.R. Riparian vegetation and fluvial geomorphic processes. **Geomorphology**, v. 14, p. 277-295, 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (Brasil). **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **Mapa de geologia do Estado do Amapá**. Rio de Janeiro, 2004a. 1 Mapa. Escala 1: 750.000.

\_\_\_\_\_. **Mapa de pedologia do Estado do Amapá**. Rio de Janeiro, 2004b. 1 Mapa. Escala 1: 750.000.

\_\_\_\_\_. **Mapa de geomorfologia do Estado do Amapá**. Rio de Janeiro, 2004c. 1 Mapa. Escala 1: 750.000.

\_\_\_\_\_. **Mapa de Clima do Brasil**. Rio de Janeiro, 2004d. 1 Mapa. Escala 1: 5.000.000.

\_\_\_\_\_. **Mapa de vegetação do Estado do Amapá**. Rio de Janeiro, 2004e. 1 Mapa. Escala 1: 750.000.

INSTITUTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DO ESTADO DO AMAPÁ - IEPA. **Macrodiagnóstico do Estado do Amapá: primeira aproximação do ZEE**. 3. ed. rev. ampl. Macapá: IEPA, 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA –INMET. **Dados em gráficos de estações automáticas. Estação Cód. A243 –Tartarugalzinho –Amapá (2015-2016)**. Brasília: DF, 2017.

JARDIM, J. P. de M.. **Análise dos índices de vulnerabilidade sazonais de inverno e verão para a classificação das dunas frontais do município de Capão da Canoa, litoral norte do Rio Grande do Sul**. Trabalho de Conclusão de Curso de Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010. 115p.

JARDIM-PORTO, C. **Diagnóstico da qualidade ambiental de trechos de orla costeira urbanizada do litoral médio e sul do RS, a partir de indicadores ambientais**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande – FURG. Rio Grande, 2015. 110p.

JIAMEI SUN, X. Y. (et al.) Simulated erosion using soils from vegetated slopes in the Jiufeng Mountains, China. **Catena**, v.136, p.128–134, 2016.

JUNIOR, E. P. S. (et al.) Balanço entre intemperismo químico e remoção do solo na bacia do Ribeirão Monjolo Grande, Ipeúna (SP), determinado por geoquímica fluvial. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 1, 2014.

KATEB, H. E. (et al.) Soil erosion and surface runoff on different vegetation covers and slope gradients: A field experiment in Southern Shaanxi Province, China. **Catena**, v.105, p.1-10, 2013.

KERN, D. C.. Análise e interpretação dos solos e, ou, sedimentos nas pesquisas arqueológicas. **Revista do museu de Arqueologia e Etnologia**. N.8. p.21-35. São Paulo, 2009.

KUMAR, A. (et al.) Shoreline changes and morphology of spits along southern Karnataka, west coast of India: A remote sensing and statistics-based approach. **Geomorphology**, v.120, p.133–152, 2010.

LABADESSA, A. S. “Terras caídas”, as causas naturais e antrópicas: uma ocorrência na comunidade de São Carlos – Médio Madeira/RO. **Geoiingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia**. v. 3, n. 1, Maringá: Paraná, p. 45-61, 2011.

LEMOS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Viçosa, 4 ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. 83p.

LEPSCH, I.R. **Formação e Conservação dos Solos**. 2ª Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 215p.

LIMA, M.I.C. de. (et al.) **Geologia**. Levantamento de Recursos Naturais – Projeto RADAM – Folha NA/NB 22 – Macapá. Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. v.6. Rio de Janeiro, 1974.

-DE-BARROS, F. M. Risco, vulnerabilidade física à erosão costeira e impactos socioeconômicos na orla urbanizada do município de Maricá, Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 6, n. 2, 2005.

LISBÔA, T. de F. P. Vulnerabilidade Ambiental da Orla Costeira do Município de Salvaterra, Ilha de Marajó-PA, no Trecho Compreendido entre a Foz do Rio Paracauari e a Ponta do Tapariuaçu. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.1, 2010. p.74-89.

MAGALHÃES, H.; MAIA, R.. Problemática e análise da erosão das margens de um curso d'água: Exemplo de aplicação ao rio Neiva. **Anais da 5.ª Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2010. 8p.

MAHMOODABADI, M.; SAJJADI, S. A. Effects of rain intensity, slope gradient and particle size distribution on the relative contributions of splash and wash loads to rain-induced erosion. **Geomorphology**, v.253, p. 159–167, 2016.

MARÇAL, M. S.; GUERRA, A. J. T. Indicadores Ambientais Relevantes para a Análise da Suscetibilidade à Erosão dos Solos em Açailândia (MA). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 4, n. 2, p.01-16, 2003.

MARQUES, J.J.G.S.M. (et al.) Índices de erosividade da chuva, perdas de solo e fator erodibilidade para dois solos da região dos cerrados – primeira aproximação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, Viçosa, p.427-434, 1997.

MARTINS, L. R. (et al.) Linha de costa: problemas e estudos. **Revista Gravel**. n.2. Porto Alegre, 2004. p.40-56.

MARTINS, E. S. (et al.) Relação solo-relevo em vertentes assimétricas no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, RJ. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 8, n. 1, 2007.

MATOS, M. F. A. (et al.) Estudo sistemático dos processos hidrodinâmicos sazonais de um sistema flúvio-lacustre na região da planície costeira do Amapá, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 12, n. 2, 2011. 11p.

MAZZUCATO, A. **Erosione costiera e tutela dell'ambiente: profili normativi**. Tesi di Laurea - Economia e Commercio. Istituzioni e Mercati. Università Ca' Foscari Venezia. Venezia, 2014. 111p.

MERINO, E. R. (et al.) Estilos fluviais e evidências de mudanças ambientais na planície do rio Miranda, Pantanal. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 14, n. 2, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA (Brasil). **Projeto orla: fundamentos para gestão integrada**. Brasília: MP/SPU, 2002. 78p.

MOHAMMAD, A. G.; ADAM, M. A. The impact of vegetative cover type on runoff and soil erosion under different land uses. **Catena**, v.81, Issue 2, n.15, p. 97–103, 2010.

- MORAIS, L. M. F. A.. **Expansão urbana e qualidade ambiental no litoral de João Pessoa-PB**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa – PB, 2009. 171p.
- MUEHE, D. Aspectos gerais da erosão costeira no Brasil. **Mercator** - Revista de Geografia da Universidade Federal do Ceará, v.4, n. 7. Fortaleza, p. 97-110, 2005.
- MUNSELL COLORS COMPANY. **Munsell soil colors charts**. Baltimore, 2000.
- NASCIMENTO, M. D. do; SOUZA, B. S. P. e. Fragilidade ambiental e expansão urbana da Região Administrativa Nordeste da sede do município de Santa Maria, RS. **Ciência e Natura**. UFSM, v.32, n.2, 2010. p.163-181.
- NETO, M. C. P.; FERNANDES, E. Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Seridó (RN/PB – BRASIL). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n. 3, 2015. 13p.
- NICOLAU, J.M. (et al.) Effects of soil and vegetation on runoff along a catena in semi-arid Spain. **Geomorphology**, v.14, p. 297-309, 1996.
- OCHOA, P.A. (et al.) Effects of climate, land cover and topography on soil erosion risk in a semiarid basin of the Andes. **Catena**, v.140, p. 31–42, 2016.
- OHMORI, H.; SHIMAZU, H. Distribution of hazard types in a drainage basin and its relation to geomorphological setting. **Geomorphology**, v.10, p.95-106, 1994.
- OLIVEIRA, L. L. (et al.) **Características Hidroclimáticas da bacia do rio Araguari (AP)**. Tempo, Clima e Recursos Hídricos: resultados do projeto REMETAP no Estado do Amapá. Alan Cunha, Everaldo Souza e Helenilza Cunha (Org.). Macapá: IEPA, 2010. 216p.
- OLIVEIRA, V. A. (et al.) Soil erosion vulnerability in the Verde river basin, Southern Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n. 3. Lavras, p.262-269, 2014.
- OLIVEIRA, P. T. S. (et al.) Rainfall erosivity in Brazil: A review. **Catena**, v.100, p.139–147, 2012a.
- OLIVEIRA, P. T.S. (et al.) Spatial variability of the rainfall erosive potential in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. **Engenharia Agrícola**, v.32, n.1. Jaboticabal, p.69-79, 2012b.
- PARSONS, A. J. (et al.) Responses of interrill runoff and erosion rates to vegetation change in southern Arizona. **Geomorphology**, v.14, p. 311-317,1996.
- PEDROSA, A. S. Risco de erosão no litoral norte de Portugal: uma questão de ordenamento do território. **Revista Sociedade & Natureza**, v.25, n.1, p.133-146, 2013.
- PELLEGRINI, J. B. R. (et al.) Adsorção de fósforo em sedimentos e sua relação com a ação antrópica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V.32. p.2639-2646,2008.

PERES, R.N. (et al.) **Solos**. Levantamento de Recursos Naturais – Projeto RADAM – Folha NA/NB 22 – Macapá. Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. v.6. Rio de Janeiro, 1974.

PORTZ, L. (et al.) Impactos no sistema de dunas: dinâmica natural versus interferência antrópica. **Ambiente & Sociedade**. v. XIX, n.3. São Paulo, 2016. p.135-154.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MACAPÁ. **Plano de intervenção na orla fluvial do município de Macapá**. Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima - Projeto Orla. Macapá, 2006. 111p.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002.549p.

PROVANSAL, M. (et al.) The geomorphic evolution and sediment balance of the lower Rhône River (southern France) over the last 130 years: Hydropower dams versus other control factors. **Geomorphology**, v.219, p. 27–41, 2014.

RAHMAN, M.R. (et al.) Soil erosion hazard evaluation—an integrated use of remote sensing, GIS and statistical approaches with biophysical parameters towards management strategies. **Ecological Modelling**, v.220, Issues 13–14, n.17, p.1724–1734, 2009.

RIBEIRO, A. C. (et al.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa: MG, 1999.359p.

RICKSON, R.J. Can control of soil erosion mitigate water pollution by sediments? **Science of The Total Environment**, v. 468–469, n.15, p.1187–1197, 2014.

RODRIGUES, F. M. (et al.) Análise temporal dos processos erosivos na microbacia hidrográfica do córrego da Fazenda Glória, Taquaritinga, SP, Brasil. **Revista Árvore**, Edição Especial, v.35, n.3, p.745-750, 2011.

RODRIGUES, F. H. (et al.) Avaliação da possibilidade de erosão natural e induzida na bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras, Quirinópolis (GO). **Geociências**, v. 33, n. 2, p.339-359, 2014.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Embrapa Monitoramento por Satélite. Campinas, SP, 2010. 30p.

RUIZ-COLMENERO, M. (et al.) Vegetation cover reduces erosion and enhances soil organic carbon in a vineyard in the central Spain. **Catena**, v.104, p.153–160, 2013.

SALGADO, A. A. R. (et al.) Nota técnica Geomorfologia brasileira: panorama geral da produção nacional no início do século XXI (2001-2005). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.9. n.1, p.85-91, 2008.

SANTOS, F. A. S. (et al.) Atributos químicos e físicos de solos das margens do Rio Paraguai. **Ambi-Agua**, v. 8, n. 1, p. 239-249, 2013.

SANTOS, G. F.; PINHEIRO, A. Transformações Geomorfológicas e Fluviais Decorrentes da Canalização do Rio Itajaí-Açu na Divisa dos Municípios de Blumenau e Gaspar (SC). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 3, n.1, p.1-9, 2002.

SANTOS, K. A. A. C. **Análise socioambiental da ocupação urbana da área do Aturiá-AP**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós -Graduação em Direito Ambiental e Políticas Públicas. Macapá, 2010. 104p.

SANTOS, V. F. (et al.) Changing Processes in Amazonian Coastal Environments- Cattles Activities, Amapá, Brazil. In: **Anais do 3rd Latin American Congress of Sedimentology**, Belém: MPEG/UFPA, p.100-101, 2003a.

\_\_\_\_\_. Mecanismos de modificações de curto período na planície costeira do Amapá. In: **anais do IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário/II Congresso do Quaternário de Países de Línguas Ibéricas/II Congresso sobre Planejamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa**, Recife, 2003b.

\_\_\_\_\_. Aplicação de dados multisensor (SAR e ETM+) no reconhecimento de padrões de uso e ocupação do solo em costas tropicais – Costa Amazônica, Amapá, Brasil. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, p. 39-55, 2009.

SCHICK, J. (et al). Erosividade das chuvas de lages, Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p.1890-1905, 2014a.

\_\_\_\_\_. Erodibilidade de um Cambissolo Húmico sob chuva natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1906-1917, 2014b.

SCHOUMANS, O.F. (et al.) Mitigation options to reduce phosphorus losses from the agricultural sector and improve surface water quality: A review. **Science of The Total Environment**, v.468–469, n.15, p. 1255–1266, 2014. .

SHEN, H. (et al.) Impacts of rainfall intensity and slope gradient on rill erosion processes at loessial hillslope. **Soil & Tillage Research**, v.155, p. 429–436, 2016.

SILVA-DIAS, A. **Interferência de elementos constitutivos na aplicação da responsabilidade penal ambiental em área de marinha no bairro do perpétuo socorro, Macapá-AP**. Dissertação de mestrado. Mestrado Integrado em Desenvolvimento Regional – Fundação Universidade Federal do Amapá, 2011. 134p.

SILVA, L. M. (et al.) Modelagem Fuzzy aplicada na detecção da vulnerabilidade à erosão costeira. **Boletim de Ciências Geodésicas**. v. 19, n. 4. Curitiba: Paraná, p.746-764, 2013.

SILVA, M. V. (et al.) Análise Multitemporal de Mudanças nas Ilhas Costeiras do Estado do Amapá Aplicando Dados de Sensores Remotos. In: **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba: Paraná. Brasil, 2011. p.8614.

SILVA, T. C. Indicadores Geomorfológicos de Sustentabilidade Ambiental – Aplicabilidade no Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 1. n.1, p.73-79, 2000.

SILVEIRA, O. F. M.; SANTOS, V. F. **Aspectos Geológicos-Geomorfológicos da Região Costeira entre o rio Amapá Grande e a Região dos Lagos do Amapá**. In: Salustiano Vilar da Costa Neto. (Org.). Inventário biológico das Áreas do Sucuriçu e Região dos Lagos no Estado do Amapá. Macapá: IEPA, 2006. p. 17-40.

SNOUSSI, M. (et al.) Impacts of sea-level rise on the Moroccan coastal zone: Quantifying coastal erosion and flooding in the Tangier Bay. **Geomorphology**, v. 107, p.32–40, 2009.

SOUZA, L. R. de. ( et al.) **Aplicação do Sistema Hidrológico IPHS1 no Estudo de Chuva-Vazão em Aproveitamentos Hidrelétricos na Bacia Hidrográfica do Alto e Médio Araguari**. Tempo, Clima e Recursos Hídricos: resultados do projeto REMETAP no Estado do Amapá. Alan Cunha, Everaldo Souza e Helenilza Cunha (Org.). Macapá: IEPA, 2010. 216p.

SOUZA, C. R. G. A Erosão Costeira e os Desafios da Gestão Costeira no Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v.9, n.1, 2009. 21p.

SOUZA, V.; GASPARETTO, N. V. L. Aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) na bacia do córrego Pinhalzinho Segundo, Noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n.3 , 2012.

STERNBERG, H. O. **A água e o homem na várzea do Careiro**. 2.<sup>a</sup> Ed. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, 1998. 330p.

STRAK. V. (et al.) Interaction between normal fault slip and erosion on relief evolution: Insights from experimental modelling. **Tectonophysics**, v.513, p. 1–19, 2011.

TABAJARA, L.L. (et al.) Vulnerabilidade e classificação das dunas da praia de Capão da Canoa, litoral Norte do Rio Grande do Sul. **Revista Gravel**. n.3, Porto Alegre, 2005. p.71-84.

TERMINI, D. Effect of vegetation on fluvial erosion processes: experimental analysis in a laboratory flume. **Procedia Environmental Sciences**, v.19, p.904 – 911, 2013.

TIZ, G. J.; CUNHA, J. E. da. Erosão periurbana em Marechal Cândido Rondon- PR: uma abordagem introdutória. **Revista Geografia**. Universidade Estadual de Londrina. v. 16, n. 1, 2007. p.79-100.

\_\_\_\_\_. Urbanização e fragilidade a processos erosivos na cidade de Marechal Cândido Rondon - Paraná. **Bol. Geogr.** v. 32, n. 2. Maringá, 2014. p.77-92.

TORRES, A. M.; EL-ROBRINI, M. **Erosão e Progradação do litoral Brasileiro**. In: MUEHE, (org). Brasília: M.M.A., 2006. 475p.

TORRES, F. T. P. (et al.) A susceptibilidade à erosão como subsídio ao planejamento urbano: estudo de caso do município de Ubá – MG. **Revista Agrogeoambiental**, v. 6, n. 1, 2014.

UACANE, M. S. Impactos ambientais decorrente da erosão costeira na orla marítima da cidade da Beira (Moçambique). **Revista EDUCamazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente**, ano 7, v. 12, n.1, p.209-218, 2014.

VALVASSORI, M. L.; BACK, A. J. Avaliação do potencial erosivo das chuvas em Urussanga, SC, no período de 1980 a 2012. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 38, p. 1011-1019, 2014.

VASCONCELOS, R. F. B. de. (et al.) Estabilidade de agregados de um Latossolo Amarelo distrocoeso de tabuleiro costeiro sob diferentes aportes de resíduos orgânicos da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V.34. p.309-316, 2010.

VILLELA, F. N. J. (et al.) Análise geomorfopedológica na borda leste da bacia sedimentar do Paraná, Sudeste Do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, n.4, 2015.

VINCI, A. et al. Measuring rill erosion by laser scanning. **Catena**, v.124, p.97–108, 2015.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. **O solo como sistema**. 1ª Ed. Edição dos autores. Curitiba: Paraná, 2011.

XIAO, L. (et al.) An assessment of erosivity distribution and its influence on the effectiveness of land use conversion for reducing soil erosion in Jiangxi, China. **Catena**, v.125, p.50–60, 2015.

XU, X.-Z. (et al.) Gravity erosion on the steep loess slope: Behavior, trigger and sensitivity. **Catena**, v.135, p.231–239, 2015.

WANG, B. (et al.) Soil erodibility for water erosion: A perspective and Chinese experiences. **Geomorphology**, v.187, p. 1–10, 2013.

WANG, X. (et al.) Assessment of soil erosion change and its relationships with land use/cover change in China from the end of the 1980s to 2010. **Catena**, v.137, p.256–268, 2016.

WEI, W. (et al.) Effects of crop rotation and rainfall on water erosion on a gentle slope in the hilly loess area, China. **Catena**, v.123, p.205–214, 2014.

ZARONI, M. J.; SANTOS, H. G. **Formação do solo tropical**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. 2011.

ZHANG, L. (et al.) Effects of vegetation on runoff and soil erosion on reclaimed land in an opencast coal-mine dump in a loess area. **Catena**. v.128, p.44–53, 2015.

ZHONGMING, W. (et al.) Stratified vegetation cover index: A new way to assess vegetation impact on soil erosion. **Catena**, v.83, p.87–93, 2010.

ZHOU, J. (et al.) Effects of precipitation and restoration vegetation on soil erosion in a semi-arid environment in the Loess Plateau, China. **Catena**, v.137, p.1–11, 2016.