

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



Relação entre as Florestas de Campinaranas e o Processo de Resiliência Ecológica  
(Amazônia, Brasil)

Nádia Rafaela Pereira de Abreu

Orientador(es): Prof. Doutor Eusébio Joaquim Marques do Reis  
Prof. Doutor Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira

Tese especialmente elaborada para obtenção do grau de Doutor em Geografia, especialidade de  
Geografia Física

2023

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



Relação entre as Florestas de Campinaranas e o Processo de Resiliência Ecológica  
(Amazônia, Brasil)

Nádia Rafaela Pereira de Abreu

Orientador(es): Prof. Doutor Eusébio Joaquim Marques do Reis

Prof. Doutor Doutor Antonio Fábio Sabbá Guimarães Vieira

Tese especialmente elaborada para obtenção do grau de Doutor em Geografia, especialidade de Geografia Física

Júri:

Presidente: Doutor José Luís Gonçalves Moreira da Silva Zêzere, Professor Catedrático e Membro do Conselho Científico do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa;

Vogais:

– Doutora Susana da Silva Pereira, Professora Auxiliar, Faculdade de Letras da Universidade do Porto;

– Doutora Maria José Leitão Barroso Roxo, Professora Catedrática, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da Universidade Nova de Lisboa;

– Doutor Eusébio Joaquim Marques dos Reis, Professor Auxiliar, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa, orientador;

– Doutor César Dinis Santos Capinha, Professor Auxiliar, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa.

2023

Athos Pereira (*in memoriam*), sobrinho amado, que por 13 anos alegrou meu viver e ensinou, com seu até breve, o real significado de resiliência e esperança na eternidade.

“Não há nada que venhamos ter ou ser que não tenha sido dado a nós, por Deus” (David Hatcher, PhD em Linguística).

## AGRADECIMENTOS

A tese é resultado de muitas contribuições. Sem uma imensidão de pessoas, eu não teria finalizado. Foram muitos os obstáculos: dilemas pessoais, pandemia, dificuldades na pesquisa, mas, assim como a natureza demonstra-se resiliente, descobri essa capacidade em mim, podendo assim contribuir, com menos de um grão de areia, para a ciência e a sociedade.

Minha maior e profunda gratidão é ao meu Criador, meu Deus! Ele me concedeu salvação por meio de Jesus Cristo, e quando pensei que estaria sozinha, em um outro país, Ele esteve comigo. Sem dúvidas esse período me fez conhecê-lo mais e todo mar de dificuldades foi cautelado por sua maravilhosa graça. Obrigada, SENHOR JESUS!

Agradeço a minha família. Sempre alegre, mas que teve que enfrentar o luto e mesmo assim continuar sorrindo e me incentivando a continuar. Obrigada, amada mãe! Obrigada, pai! Obrigada, tia Ilma! Obrigada, minha querida irmã Ingrid! Obrigada, mano Yan! Obrigada, mano Wilson! Obrigada, minhas lindas e preciosas sobrinhas Maria Natally e Maria Vitória! Obrigada, pequeno Ruan! Amo vocês, e sem vocês não teria sido possível.

Agradeço a minha igreja em Manaus, a Nova Igreja Batista, aos amigos que estiveram comigo e se alegraram com as minhas conquistas. Meus sinceros agradecimentos a: Luciane, Daniela, Deize, Hendrea e Nath. Obrigada pelas orações e por estarem comigo quando notícias ruins chegaram. Vocês foram essenciais! Agradeço também ao pastor Leandro Caiado, que sempre incentivou os estudos e a melhoria pessoal na dimensão e proporção dos sonhos de Deus, muito obrigada!

Agradeço à igreja em Portugal, Igreja Bíblica de Amadora, que não me deixou sem comunhão e alimento da palavra, muito obrigada! Agradeço ao pastor Pedro por ter me recebido, e aos irmãos, em especial: Dário, pelo grupo de estudos bíblicos; Bruna, pelas conversas edificantes; Bia, pela amizade; e irmã Nazaré, pelo cuidado e orações, muito obrigada!

Agradeço à amiga Sandra, pela amizade duradoura e incentivo. Agradeço à Alma, que conheci no Canadá, mas que não tem fronteira geográfica que a impeça de me incentivar, obrigada!

Agradeço à família que me recebeu em Portugal, que tem como matriarca a Sonia. Obrigada por sempre proporcionar um ambiente agradável aos estudos, por me ajudar na investigação por documentações e por ter me recebido melhor do que eu poderia pagar, não só em sua casa, mas em sua família!

Agradeço aos amigos que fiz no IGOT, em especial à querida Letícia, que sem seus conhecimentos sobre programação eu não teria avançado. Agradeço à Kelly, por sua amizade e orientação sobre como tudo funcionava, e pelo maravilhoso cuscuz que me convidou para comer em sua casa, muito obrigada!

Agradeço aos amigos de pesquisa em campo. Primeiramente à engenheira florestal e amiga Fernanda! Obrigada por me ajudar em campo nas análises, e por sua amizade. Agradeço a amiga e psicóloga da cidade de Silves, Tatiana Oliveira! Obrigada pela sua contribuição com a entrevista com os moradores, sem você não teria conseguido chegar até às pessoas! Agradeço ao jovem estudante de geografia, Feliciano, que foi essencial em campo nas coletas de amostras. Realizou os trabalhos duros que eu não teria força física para realizar, muito obrigada! E com pesar, agradeço (*in memoriam*) ao botânico seu Paulo, que me ajudou na construção do inventário da vegetação. Infelizmente, durante a alta de Covid-19 em Manaus, ele adoeceu e veio a óbito por complicações da doença.

Agradeço às minhas queridas revisoras de ortografia e concordâncias verbais, Perpétua, Elizabeth e Deuziane. Admiráveis profissionais da língua portuguesa e agradáveis amigas de trabalho! Cada vírgula corrigida fez muita diferença, muito obrigada!

Agradeço ao professor Dr. Fábio Sabbá! Responsável por me inserir no mundo da pesquisa e ciência. Sempre me incentivou, e toda sua dedicação e superação serviram de exemplo para mim. Muito obrigada por ter me dado a chance ainda na graduação. A oportunidade em PIBIC (projeto de iniciação científica) inicial foi essencial para os resultados atuais, tem sempre minha gratidão!

Agradeço profundamente ao meu orientador, professor Dr. Eusébio Reis. Obrigada por ter aceitado o desafio de me orientar, por ter confiado em mim e na minha ideia de pesquisa. Sou grata por sua calma, firmeza e por sempre ter passado tranquilidade, principalmente quando eu escrevia ansiosamente e suas respostas eram opostas, com segurança, cautelosas e de que tudo estava sobre controle e ficaria bem. O professor “espremeu” meu cérebro e me fez escrever o que não acreditava ser possível. Muito, muito obrigada!

Agradeço ao IGOT por ter me recebido e por todo seu compromisso com a pesquisa e ética científica. Todas as unidades curriculares e professores contribuíram direta e indiretamente para a elaboração da investigação e do projeto. Agradeço, em especial, aos professores Dr. Eduardo Brito, Dr. Luiz Zêzere e Dr. Mário Vale, que ajudaram a transformar o meu projeto de pesquisa em um projeto científico, muito obrigada!

Agradeço à população moradora de Silves. Obrigada pelas conversas, pelos barquinhos que me ajudaram a ir a áreas que nem imaginava que daria, pelos conhecimentos compartilhados, pela presença em campo que transmitia segurança. Muito obrigada, Silves!

Por fim, agradeço à Secretaria Municipal de Educação de Manaus (SEMED-Manaus) e à Secretaria Estadual de Educação do Amazonas (SEDUC-AM). À SEMED, por ter me liberado das atividades laborais por 4 anos para a realização da pesquisa. À SEDUC, que me liberou por 2 anos para a realização das unidades curriculares, muito obrigada por acreditarem na educação e na necessidade de qualificação profissional. Em relação à SEMED, agradeço em especial à excelente servidora, professora Aldrey, do setor Qualifica, que sempre recebeu meus projetos com entusiasmo e incentivo, transmitindo segurança e muita tranquilidade no processo de liberação, a ela meus mais profundos agradecimentos.

Assim, obrigada a todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste sonho, foi muito difícil o caminho até aqui. Nunca pensei em desistir, pois não sou de retroceder, mas pensei que seria bom se antes de iniciar tivesse visualizado as dificuldades, pois se isso fosse possível, não haveria iniciado.

Contudo, com graça, não prevemos o futuro, e que bom que não prevemos, pois se visto não teria iniciado, mas finalizando percebo que é divino não prevermos para que assim possamos enfrentar desafios que o visualizar das circunstâncias nos amedrontaria, impedindo de prosseguir em algo que deveria ter sido realizado, mesmo com todas as adversidades, por isso, sinto que conclui e contribui um pouco para o entendimento da resiliência ecológica a partir da análise da gênese das Campinaranas, na certeza de que mais estudos prosseguirão a partir daqui.

Concluindo, digo: muito, muito obrigada!

## ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	V
ÍNDICE GERAL.....	IX
RESUMO.....	XII
ABSTRACT.....	XIV
LISTA DE SIGLAS.....	XVI
LISTA DE FIGURAS.....	XVII
LISTA DE QUADROS.....	XXII
INTRODUÇÃO.....	01
1. TEORIAS E FUNDAMENTAÇÕES SOBRE PAISAGEM, RESILIÊNCIA ECOLÓGICA E CAMPINARANAS.....	05
1.1 Paisagens Amazônicas e o Processo de Resiliência Ecológica.....	05
1.2 Resiliência Ecológica .....	12
1.3 Campinaranas.....	17
1.3.1 Pedogênese (Podzolização).....	19
1.3.2 Deposição Fluvial.....	21
1.3.3 Paleocanais.....	21
1.3.4 Paleoclima/Clima.....	22
1.3.5 Ação Antrópica.....	23
2. CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANABANI.....	25
2.1 Caracterização Física.....	25
2.2 Ocupação Humana.....	26
2.3 Os Tipos de Solo.....	28

2.4 Geologia e Geomorfologia.....	34
2.5 Vegetação.....	37
2.6 Clima.....	43
2.7 Hidrografia.....	53
2.8 Níveis de Sustentabilidade.....	56
2.8.1 Principais atividades antrópicas na bacia hidrográfica Sanabani.....	61
<b>3. PROCEDIMENTOS DE COMPARAÇÃO DE VARIÁVEIS ECOLÓGICAS E DE COMPREENSÃO DA RESILIÊNCIA ECOLÓGICA COM AS CAMPINARANAS.....</b>	<b>63</b>
3.1 Identificação, Análise e Sistematização das Alterações Ecológicas.....	63
3.1.1 Variável Solo.....	65
3.1.2 Variável Vegetação.....	73
3.1.3 Variável Relevo.....	78
3.1.4 Hidrografia.....	78
3.2 Identificação da relação das florestas de Campinaranas com a tendência natural da resiliência ecológica.....	79
3.2.1 Variável Antrópica.....	80
3.2.2 Variável Climática.....	83
3.3 Padrão de desenvolvimento sustentável a partir dos limites da resiliência ecológica.....	84
3.3.1 Processo Analítico Hierárquico.....	85
3.3.2 Análise Multicritério.....	89
<b>4. RESILIÊNCIA ECOLÓGICA E AS CAMPINARANAS .....</b>	<b>95</b>
4.1 Identificação, Análise e Sistematização das Alterações Ecológicas .....	96
4.1.1 Variável Solo.....	97
4.1.2 Variável Vegetação.....	100
4.1.3 Variável Relevo.....	110

4.1.4	Hidrografia.....	113
4.2	Identificação da relação das florestas de Campinaranas com a tendência natural da resiliência ecológica.....	115
4.2.1	Variável Antrópica.....	115
4.2.2	Variável Climática.....	134
4.3	Padrão de desenvolvimento sustentável a partir dos limites da resiliência ecológica.....	137
4.3.1	Análise Multicritério.....	137
<b>5</b>	<b>GÊNESE DAS CAMPINARANAS E OS PADRÕES DE RESILIÊNCIA ECOLÓGICA.....</b>	<b>141</b>
5.1	Síntese dos resultados.....	141
5.2	As Campinaranas e a Resiliência Ecológica.....	145
5.3	Limites da Resiliência Ecológica.....	152
5.4	Níveis de Resiliência Ecológica.....	153
	Conclusão.....	157
	REFERÊNCIAS.....	161
	ANEXO.....	169

## RESUMO

As florestas de Campinas e Campinaranas na Amazônia, conhecidas por apresentarem grandes porções de areia branca e vegetação arbórea de pequeno porte, mesmo após diversas pesquisas científicas, têm suas origens indefinidas.

Das mais diversas abordagens, há pesquisadores que relatam que as florestas são resultado da evolução do solo, paleocanais, paleoclima, deposição fluvial ou ação antrópica. Identificar e confirmar uma origem para esse ambiente amazônico é de extrema complexidade. Arelada à dificuldade da gênese, há a pluralidade de nomes recebidos em pesquisas, tais como: Savana, Cerrado, Caatinga, Campos.

Em paralelo a esse ambiente amazônico, há a teoria da resiliência ecológica, também muito complexa e com muitos significados, mas que dentro de suas definições pode explicar a existência de florestas de areia em meio à dimensão da Floresta Ombrófila Densa.

A resiliência ecológica é aqui vista como parte do princípio de que o sistema, ao ser interferido, poderá persistir ou adaptar-se. Nesse processo, a resiliência ecológica contabilizará o potencial do sistema em absorver a interferência externa sem ser modificado. Dentro desse princípio, defende-se que as Campinaranas são resultado da ação antrópica no sistema, que em um processo de resiliência ecológica se adaptou a um ambiente diferente das características anteriores.

Nesse contexto, a pesquisa teve como objetivos:

- 1- Abordar as alterações ecológicas das variáveis (vegetação, solo e hidrografia);
- 2- Identificar a relação das florestas de Campinaranas com a tendência natural da resiliência ecológica;
- 3- Propor um padrão de desenvolvimento sustentável a partir dos limites da resiliência ecológica.

A metodologia baseou-se em pesquisa de campo (coleta de solo e vegetação para análise em laboratório) e análise remota (interpretação de imagens de satélites e análise multicritério). Obtiveram-se dados ambientais da Floresta Ombrófila Densa, Campinaranas e áreas degradadas, com a finalidade de realizar uma análise comparativa

dos dados obtidos que possibilitasse perceber diferenças e similaridades entre as áreas pesquisadas.

Como área de estudos, delimitou-se uma bacia hidrográfica no município de Silves, no estado do Amazonas, Brasil. A bacia hidrográfica pertence ao Rio Sanabani e apresenta uma variedade de ambientes para a realização da pesquisa. Em toda a área de pesquisa, foram selecionados 15 pontos de observação e coleta de amostras.

Os resultados direcionam para uma influência antrópica. As imagens de satélite demonstram uma dinâmica de intervenção que possibilitou observar, em um intervalo de mais de 30 anos de imagens, que as Campinaranas ocorrem em locais de pouca extensão, quase imperceptíveis por imagens de satélite de resolução até 30 metros.

Além disso, essas áreas ficam em locais de vestígios arqueológicos que apontam antigas ocupações humanas. O solo, quando coletado, também revela uma grande quantidade de carvão (resultado de queimadas). E a principal evidência foi a partir da mudança granulométrica em solos de área degradada.

De modo geral, nessa pesquisa, observou-se alterações granulométricas em solos que anteriormente eram de floresta fechada (Ombrófila Densa), mas que após ficar exposto, substituiu sua característica argilosa por uma arenosa. Nesse contexto, o solo exposto por um longo período de tempo, devido as intensas intervenções, estará sujeito a um desequilíbrio, que ao final das intervenções, devido as alterações significativas, trará uma paisagem com características diferenciadas das condições originais.

Em ambientes próximos ao rio, o solo exposto é alterado pelo regime fluvial, em contrapartida, em ambientes mais longe dos rios, o solo desprotegido fica susceptível as variações do processos erosivos e lixiviação. Esses fatores direcionam-se para uma modificação granulométrica e química, condicionando a criação de novas paisagens, tais como as Campinaranas.

Sendo assim, as Campinaranas são resultado do processo de resiliência ecológica movido por uma persistência do ambiente em retornar ao estágio natural, mas devido a dureza da mudança no ambiente, o retorno não ocorre nas condições naturais.

**Palavras-Chaves:** Amazônia, Resiliência Ecológica, Campinaranas.

## ABSTRACT

The Campinas and Campinaranas forests in the Amazon, known for presenting large portions of white sand and small tree vegetation, even after several scientific research, have their origins undefined.

From the most diverse approaches, there are researchers who report that the forests are the result of soil evolution, paleochannels, paleoclimate, fluvial deposition, or anthropic action. Identifying and confirming an origin for this Amazonian environment is extremely complex. Coupled with the difficulty of the genesis, there is the plurality of names received in research, such as Savanna, Cerrado, Caatinga, Campos.

In parallel to this Amazonian environment, there is the theory of ecological resilience, also very complex and with many meanings, but which within its definitions can explain the existence of sand forests in the middle of the Ombrophylous Dense Forest dimension.

Ecological resilience is seen here as assuming that the system, when interfered with, will be able to persist or adapt. In this process, ecological resilience accounts for the system's potential to absorb external interference without being modified. Within this principle, it is argued that Campinaranas are the result of anthropic action on the system, which in a process of ecological resilience has adapted to an environment different from its previous characteristics.

In this context, the research had as objectives:

- 1- Address the ecological changes of the variables (vegetation, soil and hydrography);
- 2- Identify the relationship of Campinaranas forests with the natural tendency of ecological resilience.
- 3- Propose a pattern of sustainable development from the limits of ecological resilience.

The methodology was based on field research (collection of soil and vegetation for laboratory analysis) and remote analysis (interpretation of satellite images and multicriteria analysis). Environmental data from the Dense Ombrophylous Forest, Campinaranas and degraded areas were obtained in order to perform a comparative

analysis of the data obtained that would allow differences and similarities between the researched areas to be perceived.

As a study area, a watershed was delimited in the municipality of Silves, in the state of Amazonas, Brazil. The watershed belongs to the Sanabani River and presents a variety of environments for the research. Throughout the research area, 15 points were selected for observation and sampling.

The results point to an anthropic influence. The satellite images demonstrate a dynamic of intervention that made it possible to observe, in an interval of more than 30 years of images, that Campinaranas occur in places of little extension, almost imperceptible by satellite images of resolution up to 30 meters. In addition, these areas are located in places with archeological remains that point to ancient human occupations. The soil, when collected, also reveals a large amount of charcoal (the result of burning). And the main evidence was from the particle size change in degraded area soils.

In general, in this research, we observed particle size changes in soils that were previously closed forest, but after being exposed, replaced its clay characteristic by a sandy one. If the exposed soil continues in successive seasonal river events, the slope of the ground, together with the transport of the light material, will, after the environment is spared from further disturbance, allow regeneration.

In environments further away from the rivers, the unprotected soil is susceptible to the variations of erosive processes and leaching. These factors lead to a granulometric and chemical modification, conditioning the creation of new landscapes, such as Campinaranas.

Thus, Campinaranas are the result of a process of ecological resilience driven by a persistence of the environment to return to the natural stage, but due to the harshness of change in the environment, the return does not occur under natural conditions.

Key-words: Amazonia, Ecological Resilience, Campinaranas.

## LISTA DE SIGLAS

<b>ANA</b>	Agência Nacional de Águas
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<b>IBAMA</b>	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>ICMBIO</b>	Instituto Chico Mendes de Biodiversidade
<b>INMET</b>	Instituto Nacional de Meteorologia
<b>INPE</b>	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas
<b>PRODES</b>	Programa de Cálculo de Desflorestamento da Amazonia
<b>RADAM</b>	Projeto Radar da Amazônia
<b>SEMA</b>	Secretaria Estadual do Meio Ambiente
<b>UNT</b>	Unidade Nefelométrica da Turbidez

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Distribuição de sítios arqueológicos na Amazônia Legal. Fonte: Pivetta, 2018.....	07
Figura 1.2 – Desflorestamento na Amazônia Legal. Fonte: Satélite Sentinel, 2020.....	09
Figura 1.3 - Desflorestamento acumulado na Amazônia Legal (1988 até 2007) e (2008 até 2020). Fonte: INPE, 2020.....	09
Figura 1.4 - Vestígios arqueológicos de antigas ocupações humanas em Silves referentes à investigação de Simões e Machado, 1987.....	23
Figura 2.1 - Enquadramento Geográfico da bacia hidrográfica do rio Sanabani (A). República Federativa do Brasil (B). Estado do Amazonas (C).....	26
Figura 2.2 – Intensidade da influência antrópica na bacia hidrográfica Sanabani. Fonte: Autora, 2020.....	28
Figura 2.3 – Tipos de solo na bacia hidrográfica do rio Sanabani. Fonte: RADAM-BRASIL,1970.....	29
Figura 2.4 – Latossolo Amarelo identificado na bacia hidrográfica do rio Sanabani (A); O solo exposto em área de floresta (B); Identificação da cor e tipo do solo (C). Fonte: Autora, 2020.....	30
Figura 2.5 – Espodossolo com horizonte A de cor clara, identificado na pesquisa de campo -Bacia Hidrográfica Sanabani (A); Campinarana modificada com pouca cobertura da areia branca, apresentando a parte superficial em um coloração cinzentado, próximo a estrada AM-363 (B). Fonte: Autora, 2020.....	31
Figura 2.6 - Neossolo Quartzarênico em área próximo ao rio Sanabani. Fonte: Autora, 2020.....	32

Figura 2.7 - Diferenças entre os tipos solo: separação (linha amarela) entre o solo arenoso (setas azuis) e o solo argiloso (seta vermelha).....	33
Figura 2.8 – Síntese da distribuição do solo na área de investigação.....	33
Figura 2.9 – Distribuição espacial dos principais grupos geológicos da bacia hidrográfica do rio Sanabani.....	35
Figura 2.10 – Declividade (°) na bacia hidrográfica do rio Sanabani. Fonte:Base de dados RADAM-BRASIL, 1970.....	35
Figura 2.11 – Elevação do Terreno (Bacia Hidrográfica Sanabani). Fonte: Base de dados RADAM-BRASIL, 1970.....	36
Figura 2.12 – Vegetação Ombrófila Densa da bacia hidrográfica Sanabani: aspecto denso das copas das árvores (A, B); local escolhido para o inventário (C, D); Floresta Ombrófila na área de Várzea no período de inundação (E); Floresta Ombrófila na área de várzea em períodos de seca (F).....	38
Figura 2.13 – Abundância e dominância da Floresta Ombrófila Densa na bacia hidrográfica Sanabani.....	39
Figura 2.14 – Campinaranas na bacia hidrográfica do rio Sanabani próximo a estrada, com a vegetação em aspectos naturais (A); Campinarana próximo ao rio Sanabani com áreas de exploração do solo para a construção civil (B).....	40
Figura 2.15 – Distribuição espacial da vegetação Ombrófila Densa e de Campinaranas na bacia hidrográfica do rio Sanabani. Fonte: RADAM-BRASIL, 1970.....	40
Figura 2.16 - Extensão das Campinaranas, com aproximadamente, 227m <sup>2</sup> (A); aproximadamente, 112m <sup>2</sup> (B); aproximados 33m <sup>2</sup> (C); aproximadamente 325m <sup>2</sup> (D). Fonte: Google <i>earth</i> , 2022.....	41
Figura 2.17 – Abundância e dominância da vegetação em área de Campinaranas.....	42
Figura 2.18 – Precipitação da estação de Itacoatiara a 41, 5 km da área de estudos.....	43

Figura 2.19 – Temperatura da estação de Itacoatiara a 41, 5 km da área de estudos.....	46
Figura 2.20 – Umidade da estação de Itacoatiara a 41, 5 km da área de estudos. Fonte: Inmet, 2020.....	50
Figura 2.21 – Identificação do rio Sanabani.....	53
Figura 2.22 – Rio Sanabani (A); Vegetação inundada dificultando identificar as áreas de Campinaranas (B); Campinaranas em área de terra firme (sem ser inundada) e modificada pela construção civil (C).....	54
Figura 2.23 - Processos do ano hidrológico nas principais estações da Amazônia Ocidental. Fonte: Boletim Hidrometeorológico da CPRM, 2022.....	55
Figura 2.24 - Agosto de 2019, cheia extrema devido os elevados índices de precipitação deixando as árvores submersas (A). Outubro de 2020, vazante do rio Sanabani e árvores em terra seca (B); Em outubro de 2020, na parte mais próxima ao rio, o rio está em processo de vazante, a vegetação encontra-se parcialmente inundada.....	56
Figura 2.25 – Trecho da estrada interditado devido a presença de voçoroca (A); Movimento de massa (B); Voçoroca próximo a estrada (C).....	57
Figura 2.26 – Voçorocas na bacia hidrográfica do rio Sanabani.....	57
Figura 2.27 – Solo exposto na área da bacia hidrográfica Sanabani em diferentes anos.....	58
Figura 2.28 – Imagem Landsat de 1987.....	59
Figura 2.29 – Imagem de satélite Landsat, composição de falsa cor, de 2017, que possibilita uma interpretação geral dos aspectos físicos da bacia hidrográfica Sanabani: floresta nativa a verde; solo exposto a rosa; área fluvial a vermelho.....	60
Figura 2.30 – Criação de gado (A); Desmate e queimada (B).....	60
Figura 2.31 – Extração de areia em área de Campinarans destinado a construção civil (A); Pecuária em Campinaranas (B).....	61

Figura 2.32 – Extração de madeira em Floresta Ombrófila Densa (A); Área queimada para o plantio (B); Pecuária (C).....	62
Figura 2.33 – Eventos erosivos (A); Assoreamento na bacia hidrográfica Sanabani (B).....	62
Figura 3.1 – Áreas de coleta de amostras na Bacia Hidrográfica Sanabani.....	65
Figura 3.2 - Obtenção de amostras de solo com o trado holandês.....	66
Figura 3.3 – Amostras de solo esperando o tempo necessário para a coleta da argila e silte.....	68
Figura 3.4 - Em (A) delimitação da área para obtenção de folhas e cálculo da biomassa e carbono. Em (B) as folhas coletadas prontas para serem colocadas na estufa.....	76
Figura 3.5 – Delimitação da área de inventário e coleta de amostras.....	78
Figura 3.6 - Local da coleta de amostras de água no rio Sanabani.....	79
Figura 3.7 – Composição colorida das imagens Landsat.....	82
Figura 3.8 – Variáveis utilizadas para compor a análise multicritério dos locais mais susceptíveis a mudanças.....	93
Figura 4.1 - Principais fatores influenciadores para o surgimento das Campinaranas.....	96
Figura 4.2 - Distribuição da vegetação.....	109
Figura 4.3 – Relevo e tipologias vegetais. Fonte: Bases de dados do IBGE, 2010.....	111
Figura 4.4 – Declividade e tipologias vegetais. Fonte: Base de dados do IBGE, 2010.....	112
Figura 4.5 – Geologia e tipologias vegetais. Fonte: Base de dados do IBGE, 2010.....	113
Figura 4.6 – Hidrografia e tipologias vegetais: Fonte: Rede hidrográfica extraída da imagem SRTM.....	114
Figura 4.7 – Intervenção antrópica e tipologias vegetais.....	116

Figura 4.8 – Pontos de perturbação e regeneração identificados no Google Earth.....	117
Figura 4.9 – Perturbação e regeneração do ponto 1.....	118
Figura 4.10 – Perturbação e reregeneração do ponto 2.....	119
Figura 4.11 – Perturbação e regeneração do ponto 3.....	120
Figura 4.12 – Perturbação e regeneração do ponto 4.....	121
Figura 4.13 – Perturbação e regeneração do ponto 5.....	122
Figura 4.14 – Perturbação e regeneração do ponto 6.....	123
Figura 4.15 – Análise histórica do desflorestamento. Fonte: Satélite Landsat e Amazônia1.....	124
Figura 4.16 – Análise histórica do desflorestamento. Fonte: Satélite Landsat e Amazônia1.....	125
Figura 4.17 – Análise histórica do desflorestamento. Fonte: Satélite Landsat e Amazônia1.....	126
Figura 4.18 – Análise histórica do desflorestamento. Fonte: Satélite Landsat e Amazônia1.....	127
Figura 4.19 – Análise histórica do desflorestamento. Fonte: Satélite Landsat e Amazônia1.....	128
Figura 4.20 – Análise histórica do desflorestamento. Fonte: Satélite Landsat e Amazônia1.....	129
Figura 4.21 – Classificação de imagem; Fonte: INPE, 2014.....	134
Figura 4.22 - Precipitação anual na área de estudos. Fonte: Inmet, 2022.....	135
Figura 4.23 - Temperatura anual na área de estudos. Fonte: Inmet, 2022.....	135
Figura 4.24 - Umidade anual da área de estudos. Fonte: Inmet, 2022.....	136

Figura 4.25 – Análise Multicritério.....	138
Figura 5.1 - Extensão das Campinaranas e localização em meio a Floresta Ombrófila Densa.....	142
Figura 5.2-Representa uma estrutura intacta e equilibrada. As setas representam a sociedade.....	146
Figura 5.3 – O sistema natural influenciado pela sociedade.....	146
Figura 5.4 – Resiliência do sistema adaptando-se as intervenções realizada.....	146
Figura 5.5 – Desequilíbrio no sistema com desestruturação da configuração natural..	147
Figura 5.6 – Persistência do sistema natural e adaptação após um intenso impacto.....	147
Figura 5.7 – Demonstração do processo de perturbação-resiliência-persistência dos ambientes que originaram as Campinaranas.....	148
Figura 5.8 – Processo de surgimento das Campinaranas.....	150
Figura 5.9 - Níveis de resiliência na área de estudos.....	155

## LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1- Coleta de argila de acordo com a temperatura e tempo (Metodologia da EMBRAPA).....	68
Quadro 3.2 - Fórmulas Para Porcentagem Granulométrica.....	69
Quadro 3.3 - Relação do Ph do solo de acordo com a EMBRAPA.....	70
Quadro 3.4 - Valores padrões dos micronutrientes do solo de acordo com a EMBRAPA.....	72
Quadro 3.5 - Relação dos Macronutrientes do Solo de Acordo com a EMBRAPA.....	72
Quadro 3.6 - Interpretação da saturação por Al (em %) de acordo com Malavolta (1989).....	73
Quadro 3.7 - Estrato da vegetação de acordo com Bertrand (1966).....	74
Quadro 3.8 - Sociabilidade da vegetação de acordo com Bertrand (1966).....	75
Quadro 3.9 - Abundância e dominância da vegetação de acordo com Bertrand (1966).....	75
Quadro 3.10 - Média dos resultados.....	76
Quadro 3.11 - Cálculos para a obtenção dos resultados de carbono.....	77
Quadro 3.12 - Bandas Espectrais do LANDSAT de acordo com Epiphanyo et al. (1987).....	81
Quadro 3.13- Questionário com os moradores.....	83
Quadro 3.14 – Graus de importância as variáveis trabalhadas (Saaty, 1970).....	86
Quadro 3.15 - Construção da matriz de comparação par-a-par.....	87

Quadro 3.16 - Normalização dos valores (cálculo do vetor $l_{max}$ ).....	88
Quadro 3.17 - Índice Randômico Desenvolvido Por Saaty (1991).....	89
Quadro 3.18 – Fatores influenciadores.....	90
Quadro 3.19 – Peso das variáveis obtidos no porcesso analítico hierárquico.....	90
Quadro 3.20 – Hierarquia, quantificação e explicação dos pesos de cada variável para a análise multicritério.....	91
Quadro 4.1 - Análise físicado solo da área de estudos.....	97
Quadro 4.2 - Análise química do solo da área de estudos.....	99
Quadro 4.3 - Abundância e dominância da vegetação.....	101
Quadro 4.4 - Índices de carbono.....	102
Quadro 4.5 - Inventário das áreas de Campinaranas e Ombrófila Densa.....	103
Quadro 4.6 – Espécies comuns a Floresta Ombrófila Densa e Campinaranas.....	107
Quadro 4.7 - Pesquisa empírica sobre as mudanças na paisagem.....	131
Quadro 5.1 – Influência das variáveis em mudanças ambientais.....	142
Quadro 5.2 – Classificação das variáveis quanto ao grau de influência na gênese das Campinaranas.....	145
Quadro 5.3– Processo de Origem das Campinaranas.....	149

## INTRODUÇÃO

Em diversas áreas da Floresta Ombrófila Densa amazônica, encontra-se pequenos enclaves vegetais denominados de Campinaranas (Ab'Saber, 2000). Esses enclaves receberam muitos nomes (Savana, Cerrado, Caatinga, Campos), mas pretende-se tornar como padrão, denominá-lo de Campinaranas.

As Campinaranas apresentam padrões diferenciados, com vegetação e solo atípico da Floresta Amazônica. As características predominantes dessas áreas apresentam vegetação de pequeno porte, galhos finos, copas pouco densas e solo arenoso de cor branca na parte superior.

Esse cenário paisagístico, pouco diversificado, é encontrado pluralizando a paisagem amazônica, que em condições comuns apresenta vegetação de grande porte, copas densas, árvores com troncos grossos e solo argiloso.

A origem desse cenário adverso é motivo de numerosas teorias, tais como: paleoclima, paleocanal, deposição fluvial, pedogêneses, influência antrópica. Cada uma com diferentes explicações para os motivos que levaram ao surgimento de uma paisagem diferente no meio a Floresta Ombrófila Densa.

Nessas áreas, os ambientes climático, topográfico e fluvial não apresentam consideráveis variações. Desse modo, o que causaria o contraste espacial de cenário? As Campinaranas seriam um cenário do passado que não conseguiu prosseguir com a transformação em Floresta Densa? Seria um cenário do futuro em que a Floresta Ombrófila Densa será configurada? O que justifica as mudanças de cenário em um mesmo ambiente?

As observações procuraram entender os cenários existentes. Utilizaram-se análise multicritério das variáveis e análise comparativa dos elementos, que possibilitaram identificar diferenças entre as áreas e evidenciar os elementos que mais contribuem para uma mudança na paisagem.

Procurou-se compreender, a partir das análises de mudanças recentes evidenciadas em imagens de satélite, o funcionamento da resiliência ecológica na bacia hidrográfica do

Rio Sanabani e identificar a relação dessa regeneração ecológica com as mudanças na natureza e na criação de novas paisagens.

Desta forma, os resultados do trabalho realizado na tese permitem evidenciar que as Campinaranas são parte do processo de resiliência ecológica da floresta. O desgaste inicial não permitiu a reconstrução original, mas readaptou-se para uma Campinarana, sendo parte de um processo denominado de Equilíbrio-Perturbação-Regeneração (Holling, 1973), havendo a necessidade de compreender que essa regeneração não é linear e não significa retorno ao estágio inicial, mas uma nova configuração a partir dos limites ambientais existentes.

Em síntese, a pesquisa intenciona compreender a resiliência ecológica na Floresta Amazônica estudando uma bacia hidrográfica da região amazônica (Sanabani, em Silves), O tempo de reconstrução da vegetação após um desmate e as características do ambiente em diferentes ações são os fatores cruciais da investigação. Contudo, o principal interesse é perceber as evidências que tornam as Campinaranas um ambiente formado pela contribuição humana, em um processo de adaptação da floresta após um distúrbio no sistema, portanto um processo da resiliência ecológica.

O desenvolvimento da pesquisa baseou-se em hipóteses que direcionaram a procura por respostas das gênese das Campinaranas e a relação com a resiliência ecológica. Dessa forma, para abordar a resiliência ecológica a partir da relação com as Campinaranas, criaram-se três hipóteses que correlacionam a teoria da resiliência ecológica com os seus ambientes.

Uma hipótese parte da premissa que a resiliência ecológica na Amazônia pode ser evidenciada pela regeneração natural da vegetação após o desmate, pois, considerando áreas reconstruídas e análises temporais em imagens de satélite, percebe-se uma floresta resiliente e readaptável. Dentre os fatores importantes para esse mecanismo resiliente, é necessário compreender o tempo para o processo acontecer e as condições do solo favoráveis à reconstrução. Além disso, segundo essa hipótese, de acordo com os principais autores (Holling, 1975; Gunderson, 2000; Davoudi, 2012), a resiliência pode ser medida pelo potencial de absorção do sistema em relação a uma interferência externa, podendo retomar ao estágio original ou readaptar-se, configurando uma nova paisagem.

Outra hipótese defende que após a perturbação, a resiliência ecológica na Amazônia restaura o ambiente ao estado original, sendo assim necessário compreender se a resiliência retorna o ambiente ao estado natural, não somente quando o impacto é pequeno, mas em qualquer tipo de impacto. É possível a Floresta Ombrófila voltar a ser Floresta Ombrófila naturalmente? Holling (1975) afirmou que é necessário compreender os limites da resiliência e Davoudi (2012) enfatizou com uma pergunta: seria a resiliência ecológica altamente suficiente para qualquer planejamento ambiental?

Por último, outra hipótese relata que o limite da resiliência ecológica, demonstrada pela relação do uso do solo e da vegetação, justifica o aparecimento de áreas de Campinarana, pois as áreas afetadas pelo desmatamento e queimadas, quando restauradas, passam por um estágio que não lhes permite voltar às configurações naturais, criando ambientes com características diferenciadas. Essa hipótese tem como base o fato de que as intervenções no sistema podem gerar adaptações (Holling, 1975; Davoudi, 2012).

A pesquisa foi distribuída em 5 capítulos, os quais procuram definir a área estudada, abordar as pesquisas existentes em relação as Campinaranas, explicar as metodologias utilizadas para a aplicação da pesquisa e apresentar os resultados obtidos a partir dos dados levantados.

Dessa forma, no primeiro capítulo foi desenvolvido o estado da arte apresentando a definição de Campinaranas, a diferença com a Floresta Ombrófila Densa, as teorias sobre resiliência ecológica, as numerosas explicações sobre a gênese das Campinaranas e a procura por sustentabilidade ambiental.

No segundo capítulo apresenta-se a área de investigação, demonstrando os principais aspectos físicos, tais como clima, geologia, geomorfologia, pedologia, relevo, hidrografia e vegetação.

No terceiro capítulo encontra-se a metodologia baseada na investigação em campo, análise em laboratório, análise comparativa, análise multicritério, hierarquia binária, análise da vegetação por imagens de satélites com diferentes anos, classificação de imagens de satélites e entrevista com os moradores.

No quarto capítulo, apresenta-se os resultados obtidos a partir dos objetivos estabelecidos: 1- Abordar as alterações ecológicas das variáveis (vegetação, solo e hidrografia); 2- Identificar a relação das florestas de campinaranas com a tendência natural da resiliência ecológica; 3- Propor um padrão de desenvolvimento sustentável a partir dos limites da resiliência ecológica).

O quinto capítulo sistematiza e esquematiza o processo de surgimento das Campinaranas. Confirma-se hipóteses interligando dados e posicionamentos teóricos, evidenciando o processo de resiliência ecológica ao surgimento das Campinaranas.

De forma geral, as evidências apontam uma grande influência antrópica na intervenção da paisagem. Além desse fator, a localização das Campinaranas, vestígios arqueológicos, análise da vegetação em diferentes anos e análise dos dados em laboratório indicando mudanças granulométricas do solo, contribuíram para evidenciar o processo de resiliência ecológica, que atrelado a persistência ambiental, após a intervenção humana, influenciaram o surgimento de áreas de Campinaranas.

# **1. TEORIAS E FUNDAMENTAÇÕES SOBRE PAISAGEM, RESILIÊNCIA ECOLÓGICA E CAMPINARANAS**

Esse capítulo contextualiza os conceitos necessários para a compreensão da pesquisa, abordando as características da Amazônia, em especial, da área de investigação, dos processos de resiliência ecológica de forma geral e específica para a pesquisa e as teorias que existem sobre o surgimento das Campinaranas em meio a Floresta Ombrófila Densa.

## **1.1 Paisagens Amazônicas e o Processo de Resiliência Ecológica**

A Amazônia é a maior reserva ecológica do mundo (Fearnside, 2008). É um bioma presente em 9 países da América do Sul (Agudelo, 2020). Dentre estes países, o Brasil contém mais de 50 % dessa floresta. Em termos práticos, aproximadamente 61 % do território brasileiro é composto pela Amazônia (Carvalho, 2019).

Fearnside (2008) destaca a Amazônia como responsável pela manutenção e produção de um importante ciclo da água e ciclo do carbono. Todos esses fatores tornam-na um bioma de importância vital para numerosas formas de vida. No entanto, o conhecimento em relação à floresta tem demonstrado estar aquém da sua relevância.

A Amazônia, por muito tempo, foi considerada uma planície homogênea. Por muitos anos, foi denominada de “inferno verde”, e o interesse pela região restringia-se a poucos. Contudo, toda a relevância da floresta torna a Amazônia um desafio presente da ciência. Conhecer a Amazônia e toda sua particularidade não é mais uma opção de alguns curiosos ou desbravadores, mas um ato que pode ser vital à sociedade. Como dito por Gonçalves (2001), a Amazônia não é homogênea. Dentro da Amazônia há várias Amazônia. É preciso conhecê-la.

Dentre as Amazônia, destaca-se um ambiente diferenciado que pode surgir em meio à Floresta Ombrófila Densa. A floresta pode ser de igapó (inundada), várzea (inundada periodicamente) e de terra firme (seca). Contudo, para além dessa simplória definição, há diferenças significativas que têm sua origem indefinida, mas que se conhecida, pode explicar o funcionamento da floresta. O geógrafo Ab' Saber (2000) denominou essas áreas como enclaves.

Dentre as áreas de enclave, surpreende o fato da existência das Campinas e Campinaranas. Esse domínio ambiental apresenta-se com uma abundância de areia e uma floresta rebaixada com troncos retorcidos e raízes mais profundas, com aspecto diferente da Ombrófila Densa, que constitui a floresta típica (Ab' Saber, 2000).

Em paralelo às áreas de enclave, há o questionamento sobre a resiliência ecológica da floresta, quanto à existência e limites. Dentre os ambientes diferenciados na floresta, é cientificamente comprovado que a denominada “terra preta de índio” é um tipo de solo essencialmente de origem antrópica.

Conforme a obra sistematizada de Teixeira et al. (2010), é reconhecido cientificamente o potencial transformador dos resíduos orgânicos produzido pelos indígenas ao longo de sua existência na Amazônia. Por unanimidade, sabe-se que esses materiais descartados desenvolveram a chamada “terra preta de índio”, solo altamente fértil, diferente do solo ferruginoso e argiloso que predomina na Amazônia.

Mais precisamente, a terra preta de índio é fruto do lixo orgânico depositado pelos indígenas, que com o tempo transformou-se em um solo escuro e fértil (Roosevelt, 2014). Esse “lixo”, depositado por anos, gerou uma nova classe de solos, evidentemente antrópica e com potencial para a agricultura. Com essas evidências, sabe-se que muito da Floresta Amazônica passou por processo de intervenção antrópica ao longo de séculos. Tal fato contribui para consolidar uma paisagem amazônica diversificada.

Dessa forma, questiona-se, se assim como a terra preta de índio, as Campinaranas também foram originadas por um processo de intervenção antrópica na natureza, pois a respeito do solo arenoso das Campinaranas não há uma confirmação, logo sua morfogênese é totalmente questionável e ambígua (Mendonça, 2011). Além de as Campinaranas não serem de uma origem de comum acordo, a resiliência ecológica da Amazônia é pouco abordada, contudo é numerosa e cria ambientes quando passa por um processo de modificação do sistema (Jakovac et al., 2015; Rezende e Vieira, 2018; Flores et al., 2019; Agudelo, 2020).

Nesse contexto, Diegues (2008) relata que a Floresta Amazônica é ou foi utilizada e modificada muito antes da colonização europeia. Os indígenas contribuíram para

constituir nova configuração das paisagens. O autor faz uma crítica, chamando de mito o fato de se declarar que há uma natureza intocada.

Na mesma linha de pensamento de Diegues, outro autor, Roosevelt (2014), enfatiza que há diversas evidências da influência antrópica na constituição da paisagem da atual Amazônia. Para isso, ele destaca as palmeiras, como o açaí, plantadas em diversos lugares, sendo fonte alimentar que supre as necessidades humanas. Além disso, cerâmicas são deixadas como vestígios arqueológicos, demonstrando o uso da argila para compor materiais utilizados pela sociedade passada.

Confirmando a ocupação humana passada, Clement et al., (2015); Pivetta (2018) e Souza et al. (2018) descrevem um estudo que identificou mais de 81 sítios arqueológicos que abrangem a Amazônia brasileira e demais locais fora do território nacional, que eram, de forma enfática, caracterizados como inabitados. De acordo com Pivetta (2018), os números de habitantes retratam cerca de 10 milhões de indígenas em uma Amazônia pré-colombiana. Na Figura 1.1. encontra-se os pontos que Pivetta destaca como antigos locais de ocupações.



Figura 1.1 – Distribuição de sítios arqueológicos na Amazônia Legal. Fonte: Pivetta, 2018.

Pivetta (2018) aborda que os sítios arqueológicos demonstram círculos na paisagem, vegetação diferenciada; assim, o autor afirma que as evidências deixam registros significativos da vasta população que ocupou as áreas da Amazônia em um período anterior a ocupação europeia. Esses vestígios, segundo o autor, sempre foram negligenciados e considerados naturais da floresta, mas as pesquisas avançadas têm permitido compreender a essência dessas paisagens e o contexto histórico de sua composição.

Atualmente, compreender o espaço amazônico e sua relevância no contexto mundial tem sido uma solicitação de diversos países. Contudo, como visto, não é simples compreender a floresta, pois são muitas particularidades. Gonçalves (2001) chama de Amazônia, e Amigo (2020), mais recentemente, ressalta que para o futuro amazônico há mais de 2.050 cenários. Assim, há uma incompreensão da paisagem passada, numerosas explicações da paisagem presente e diversos cenários para a paisagem futura.

Dentre as incertezas, há a certeza de que o desmatamento tem modificado a floresta. Azevedo-Ramos (2007) relata que a agricultura de larga escala é o principal fator de desmatamento na região. Voltada especialmente para exportação à Europa e China, é um dos negócios mais lucrativos. A autora conclui que nas últimas décadas a Floresta Amazônica foi transformada em um mosaico de habitats alterados pelo ser humano.

Na imagem do INPE (2014), observa-se que há um arco de áreas não florestadas na Amazônia Legal, ou seja, na Amazônia brasileira que percorre toda a região Norte do país até a parte Oeste do Estado do Maranhão. Na classificação de imagens é possível identificar as numerosas paisagens que são caracterizadas após o desflorestamento na Amazônia brasileira. O interessante para o processo de resiliência ecológica, possível de identificar na imagem é a vegetação secundária que retornou após um contexto de desflorestamento (a resiliência e persistência do sistema). Também é interessante perceber a diversidade de paisagens que a Amazônia Legal (Figura 1.2) é classificada.

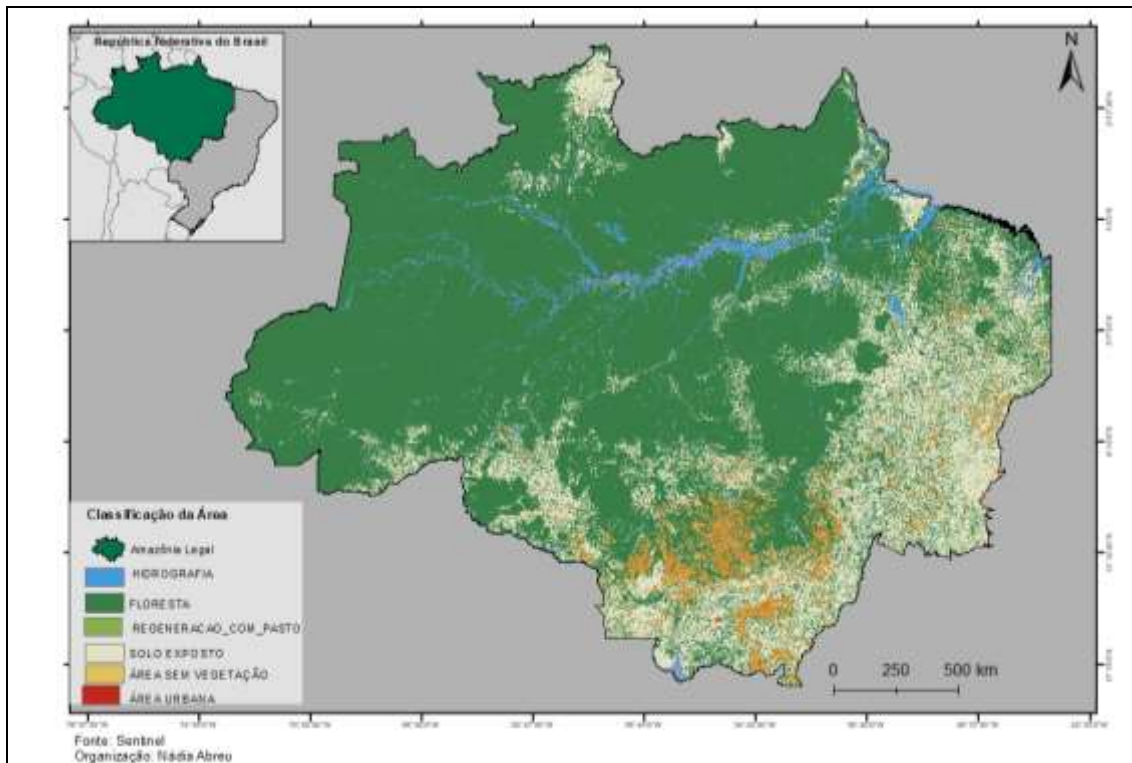


Figura 1.2 – Desflorestamento na Amazônia Legal em 2020. Fonte: Satélite Sentinel, 2020.

Para a Amazônia Legal verifica-se que a área de solo exposto e área sem vegetação têm se expandido de Sul a Leste, com início de expansão a Oeste. Observa-se que há mosaicos de solo exposto distribuídos por toda a Amazônia Legal. A área com menor quantidade de solo exposto encontra-se a Noroeste, por outro lado, as áreas de regeneração estão pontualmente distribuídas e demonstram uma vegetação rasteira, ainda em processo de resiliência ecológica.

Na Figura 1.3 é possível verificar o desflorestamento acumulado de 1988 à 2020. De forma enfática, os autores (Azevedo-Ramos, 2007; Fearnside, 2008; Jakovac et al., 2015; Zemp et al., 2017) concordam que esse é o principal fator que tem modificado o sistema natural e possibilitado a criação de novas paisagens Amazônicas.

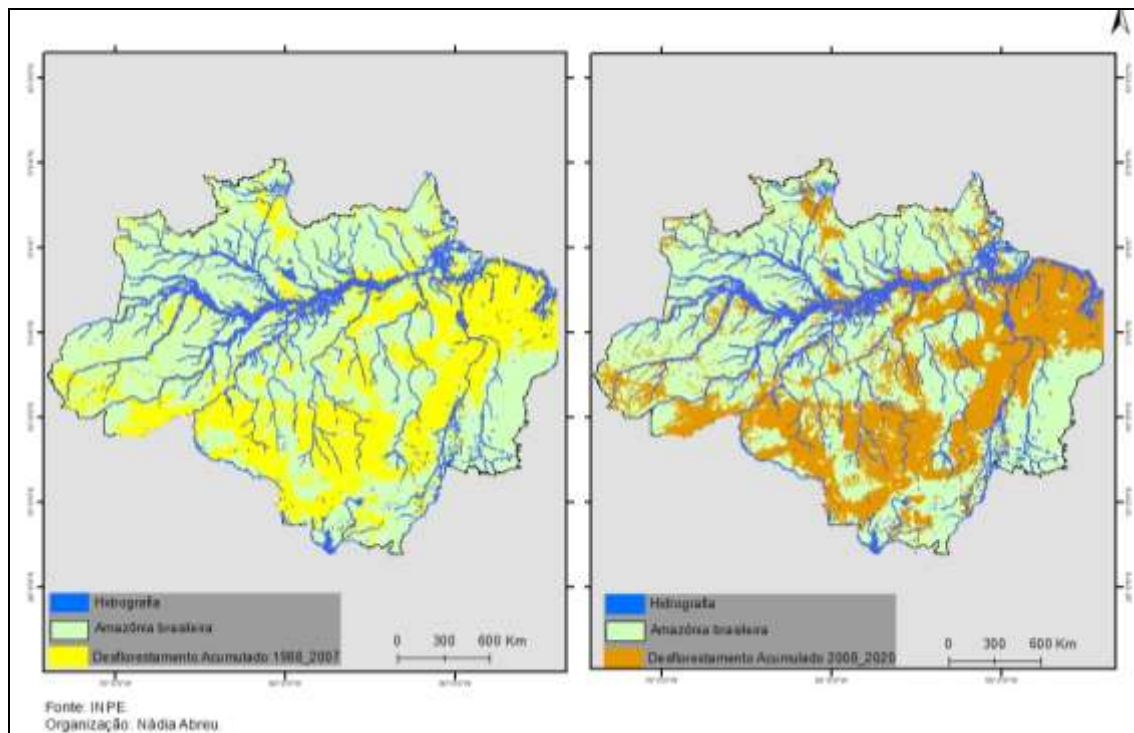


Figura 1.3- Desflorestamento acumulado na Amazônia Legal (1988 até 2007) e (2008 até 2020). Fonte: INPE, 2020.

Jakovac et al. (2015) expõem que a intensificação do uso da terra reduz a resiliência e pode levar o sistema a um estado de sucessão interrompido, com um potencial menor de fornecer serviços ecossistêmicos ao povo da Amazônia.

Azevedo-Ramos (2007) enfatiza que as árvores amazônicas contêm cerca de  $60$  a  $80 \times 10^9$  toneladas de carbono. Isso é maior que a soma de todas as toneladas geradas pelo ser humano nas últimas décadas. Fearnside (2008) confirma, alegando que a Amazônia é uma bomba carbônica.

Somente o desmatamento na Amazônia Brasileira libera cerca de 200 milhões de toneladas de carbono anualmente, representando cerca de 3 % das emissões líquidas globais e 70 % das emissões nacionais. Cerca de 1,5 milhão de hectares foi desmatado e quase 1/3 da Floresta Amazônica foi degradada (Azevedo-Ramos, 2007).

Em termos econômicos, o desmatamento não trouxe desenvolvimento para a região Amazônica. Azevedo-Ramos (2007) confirma que 45 % dos aproximados 20.000.000 de habitantes da Amazônia Brasileira vivem abaixo da linha da pobreza.

Contudo, Jakovac et al. (2015) argumentam que 21 % das áreas desmatadas na Amazônia Brasileira recuperaram seu sistema florestal. Algumas de forma induzida, pelo novo Código Florestal, outras de forma natural, ou seja, quando as áreas antes degradadas, ficam sem serem utilizadas. Assim, segundo os autores, a floresta passa pelo estágio de Equilíbrio-Perturbação-Regeneração.

Espírito Santo et al. (2014) descrevem que, além do desmatamento, a Amazônia contém uma forma natural de perda de biomassa, na qual as árvores caem devido a seu tempo de existência. Essa perda representa 1,5 % da redução total de biomassa na Amazônia, apesar de rara e insignificante, pode explicar o processo natural de regeneração.

Mesmo com o ideal de regeneração, o cenário de Nobre et al. (2016) é enfático. Os autores relatam que podem ocorrer mudanças irreversíveis. Se a Amazônia transgredir 40% do desmatamento do seu território, a paisagem futura poderá ser a savanização.

Nas taxas de desmatamento anuais do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foi demonstrada, de forma geral, a dinâmica de desmatamento apresentada pelos autores. Nota-se que as taxas tiveram seu maior pico em 1995, decrescendo em anos posteriores, mas com um pequeno retorno em 2004. A menor taxa foi em 2012, após essa data houve pequenas subidas e descidas, sendo o último ano, de 2019, o de maior pico desde a descida em 2012.

Para a Amazônia, Rezende e Vieira (2018) enfatizam que há um potencial natural de regeneração da Floresta Amazônica. Em um experimento de campo, das 17 árvores da área de investigação de reflorestamento, 7 árvores apareceram de forma natural.

Jakovac et al. (2015) declaram que compreender como a intensificação do uso da terra afeta a resiliência da floresta é uma chave para elucidar os mecanismos subjacentes aos processos de regeneração e para planejar sistemas de uso da terra mais sustentáveis. Para os autores, a resiliência da floresta secundária diminui com a intensificação do uso da terra, mediada principalmente pelo efeito da intensidade do manejo nas estratégias de regeneração. Esses autores enfatizam que a resiliência das comunidades vegetais a distúrbios naturais depende principalmente de legados biológicos, condições ambientais após distúrbios e fontes de colonização na matriz paisagística remanescente. Geralmente, após 2 anos que a terra fica sem uso, já é possível observar desenvolvimento de estruturas arbóreas.

Há estudos que abordam a dificuldade de o sistema ecológico manter a resiliência. Agudelo (2020) enfatiza que a Amazônia está limitada na sua capacidade de resiliência, fator esse interligado às práticas agrícolas de uso do solo. Flores et al. (2019) relatam que a evidência da dificuldade de retomada da resiliência encontra-se no uso do solo, em especial no desenvolvimento de erosões hídricas, que são comuns após a retirada da vegetação.

Nesse sentido, os distúrbios reduzem a cobertura das árvores e deixam o solo desprotegido e vulnerável aos processos erosivos. Para os autores, a análise do surgimento de erosões em ecossistemas perturbados ajuda a entender, por exemplo, porque certas florestas permanecem degradadas.

Além do cenário de savanização creditado por alguns estudiosos, há estudos que confirmam a redução dos quantitativos de chuva. Zemp et al. (2017) evidenciaram, por meio da interação entre vegetação e atmosfera, as reduções das chuvas resultantes do desmatamento da Amazônia, e concluíram que esse fator pode reduzir a resiliência da floresta remanescente a perturbações e, potencialmente, levar à perda de floresta amazônica em larga escala.

Estudando os cenários de desmatamento do século XXI, os autores afirmam que o desmatamento pode reduzir as chuvas da estação seca em até 20 % longe da área desmatada, a saber, sobre a Bacia do oeste da Amazônia e a Bacia do Prata.

## 1.2 Resiliência Ecológica

Entende-se por resiliência ecológica: as mudanças que não são singulares, mas múltiplas. Tem em essência a magnitude da perturbação que pode ser absorvida pelo sistema sem alterá-lo. Considera a capacidade de persistir, mas também a capacidade de adaptar (Holling, 1975; Gunderson, 2000; Davoudi, 2012). Gunderson (2000) enfatiza que: resiliência ecológica se refere à largura ou limite de um domínio de estabilidade e é definida pela magnitude da perturbação que um sistema pode absorver antes de mudar de estado estável.

Em aspectos gerais, a resiliência é utilizada para diversas áreas do conhecimento (Sociologia, Antropologia e Psicologia). Por muito tempo o conceito esteve interligado

ao ser humano e sua capacidade de adaptação a fatores estressantes e traumatizantes. Davoudi (2012) enfatiza a pluralidade de áreas do conhecimento científico que está utilizando a resiliência como base teórica.

A autora destaca que essa nomenclatura surgiu na década de 1960, nos estudos da física, mas apesar de não ser um termo novo, tem substituído, nos últimos anos, a palavra sustentabilidade. Em 1973, o ecólogo Holling utilizou pioneiramente a palavra resiliência para a ecologia, atribuindo o fenômeno, que antes era social, aos sistemas ecológicos (Gunderson, 2000; Buschbacher, 2014).

Gunderson (2000) argumenta que Holling, apesar de ter sido o pioneiro na abordagem do sistema resiliente para a ecologia, não a denominava como uma resiliência ecológica, e sim como uma resiliência da engenharia. A palavra resiliência ecológica foi adicionada às pesquisas posteriores.

De acordo com Folke (2006), Holling estava revisando a literatura sobre a resposta de populações à predação, mas as observações não se encaixavam bem à teoria, até que ele chegou a uma conclusão inesperada: há a existência, em muitos casos, de pontos limiares em ecossistemas.

Holling (1973) argumenta que há espécies que podem desaparecer e reaparecer e destaca que uma visão centralizada no equilíbrio é essencialmente estática e fornece poucas informações sobre o comportamento transitório de sistemas que não estão próximos de equilíbrio. O autor defende que à medida que o número e a demanda econômica do ser humano aumentam, seu uso de recursos muda os estados de equilíbrio e afasta as populações do equilíbrio.

Holling (1973) defende que o comportamento do sistema ecológico pode ser definido por duas propriedades distintas: Resiliência e Estabilidade. A resiliência determina a persistência dos relacionamentos dentro de um sistema e é uma medida de capacidade quanto à absorção dos sistemas às mudanças de variáveis de estado. Nesta definição, resiliência é o resultado do sistema e persistência ou probabilidade de extinção.

Holling considera que a resiliência tem um limite, e quando este é ultrapassado, o sistema rapidamente muda. Seguindo a linha de definição, o autor argumenta que a

estabilidade é, por outro lado, a capacidade de um estado de equilíbrio retornar após um distúrbio temporário.

Segundo Buschabacher (2014), a teoria da resiliência se encaixa nas ideias de sistemas dinâmicos. De acordo com o autor, o grande impasse em abordar a resiliência é saber se o ambiente retorna ao estado inicial ou apenas está reequilibrando o sistema.

Para Buschabacher (2014), a grande contribuição de Holling (1973) foi mostrar que a ideia de equilíbrio em sistemas ecológicos é válida apenas em escalas limitadas de tempo e espaço, e chamar atenção para mudanças não lineares que também ocorrem em sistemas ecológicos.

Buschabacher (2014) afirma que a teoria de Holling é evidenciada, perfeitamente, nos estudos de lagos e florestas. No caso da floresta, o autor chama atenção para o processo de savanização que pode ocorrer em áreas com intensivo desmatamento e uso.

Gunderson (2000) relata que Holling chamou a atenção para persistência e resistência, entre constância e mudança e entre previsibilidade. Holling caracterizou estabilidade como persistência de um sistema perto de um estado de equilíbrio.

Por outro lado, a resiliência foi introduzida para indicar comportamento de sistemas dinâmicos longe do equilíbrio. Em uma síntese geral, o autor afirma que Holling definiu resiliência como a quantidade de uma perturbação que um sistema pode absorver sem alterar o estado.

Davoudi (2012) esclarece a diferença entre a ideia de Holling da resiliência na engenharia para explicar a ecologia e a resiliência ecológica. A autora destaca que Holling considerava na resiliência da engenharia, a capacidade de um sistema retornar ao equilíbrio ou estado estacionário, após um distúrbio.

O principal fator de resiliência seria o tempo (tempo de reconstrução após um terremoto, inundação, ou qualquer outra perturbação). Em outro contexto, a resiliência ecológica, propriamente dita, leva em consideração que as mudanças não são singulares, mas múltiplas. Tem em essência a magnitude da perturbação que pode ser absorvida pelo sistema, sem alterá-lo. Considera a capacidade de persistir, mas também a capacidade de adaptar. Assim essa premissa rejeita a ideia de um equilíbrio único e estático.

Para a atualidade, o termo resiliência ecológica tem adquirido novas abordagens, contextualização e definições. Jakovac et al. (2015) caracterizam a resiliência ecológica como a capacidade de um ecossistema absorver distúrbios, sem alterar sua natureza fundamental. O comportamento do sistema concentra-se não no estado de equilíbrio, mas nos limites do domínio da alteração.

Assim, de acordo com os autores, a resiliência pode ser avaliada pela taxa na qual os sistemas se recuperam após distúrbios. Em síntese, seria a nova paisagem modelada e persistente após uma intervenção, nada muito diferente das ideias de Holling (1973), que aborda a resiliência como resultado do sistema e persistência.

Buschbacher (2014) considera que o conceito de resiliência ecológica pode ser utilizado para analisar a capacidade do sistema de manter-se em um certo regime perante uma perturbação específica. Assim, pode-se analisar a capacidade de um ecossistema continuar como floresta perante diferentes níveis de desmatamento e queimada.

Agudelo et al. (2020) definem o pensamento da resiliência como a tentativa de entender os mecanismos que garantem a capacidade a um sistema de se recuperar de pressões externas, traumas ou distúrbios, bem como de mudanças em sua dinâmica interna.

De acordo com os autores, o pensamento da resiliência também promove transformações relevantes das configurações dos sistemas considerados adversos ou não sustentáveis e, portanto, propõe a análise simultânea da capacidade adaptativa e a transformação de um sistema.

Em toda a síntese, os autores argumentam que o conceito de resiliência ecológica apresenta uma importante evolução desde suas origens na década de 1970 até o presente. Essas transformações trazem incontáveis ideias e hipóteses focadas em compreender a capacidade de reorganização de sistemas sujeitos a choques ou distúrbios externos, em direção a um arcabouço teórico baseado na capacidade adaptativa e transformacional de sistemas complexos. Assim, atualmente, o foco dessa abordagem não envolve somente a capacidade de reorganização, mas também os mecanismos que facilitam e promovem o processo (Agudelo et al., 2010).

Enquanto teoria, a resiliência considera a regeneração do sistema. Contudo, como argumenta Holling (1973), a resiliência dos sistemas ecológicos tem seus limites. Dessa forma, esses limites podem ser comparados à 1ª e 2ª lei da termodinâmica, no qual Bertalanffy (2015) descreve que essas leis consideram as alterações nos sistemas ambientais e apresentam, respectivamente, o sistema como uma energia que não pode ser criada ou destruída, embora possa ser transformada de um tipo para outro e na segunda lei não ocorrem processos de transformação de energia espontâneos. Nesse contexto, as teorias sugerem a necessidade de um elemento atuante na modificação do sistema, no caso dos sistemas ambientais, percebe-se que o elemento que atua e modifica paisagem, em um processo acelerado, é o ser humano.

De acordo Bertalanffy (2015) é possível perceber uma ‘dispersão’ de parte da energia utilizada durante um processo de transformação ou após ele. A energia é transformada, mas parte dela retorna para o ambiente (como produto para consumo) que a assimilará. Porém, o autor destaca que essa assimilação por parte da natureza é limitada, ou seja, ela não absorve completamente todos os dejetos (gases, lixo, resíduos) que nela são lançados, gerando assim as mudanças.

De acordo com Bertalanffy (2015), na derivação do segundo princípio da termodinâmica, os acontecimentos físicos dirigem-se para os estados de máxima probabilidade e por conseguinte as leis físicas são essencialmente “leis da desordem”, resultado de acontecimentos desordenados, estatísticos. Dessa forma, Bertalanffy (2015) considera necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes.

Como abordado por Buschbacher (2014), a grande questão da resiliência ecológica é compreender se após a perturbação no ambiente, é possível a natureza retornar ao seu estágio de equilíbrio. Para Holling (1973), as comprovações de retorno ao equilíbrio são todas de médio prazo e originárias de uma interferência pouco significativa. Para o autor, esse equilíbrio é denominado de estabilidade e ocorre após um distúrbio temporário, mas a grande questão ainda é saber se a resiliência ecológica faz com que o ambiente retorne ao seu estágio original, mesmo em função a um distúrbio longo.

De forma geral, Gunderson (2000) afirma que o conceito de resiliência ecológica pressupõe a existência de múltiplos domínios de estabilidade e a tolerância do sistema a perturbações que facilitam transições entre estados estáveis. Nesse sentido, resiliência ecológica se refere à largura ou limite de um domínio de estabilidade e é definido pela magnitude da interferência externa que um sistema pode absorver antes de mudar de estado estável.

### 1.3 Campinaranas

De acordo com Lisboa (1975), na Amazônia a mata pluvial de terra firme é muitas vezes interrompida por uma vegetação que lembra o aspecto de "ilhas" que se destacam pela diferença de porte, estrutura e fisionomia. Essa vegetação é comum na Bacia do Rio Negro e em outras áreas situadas ao norte do Rio Amazonas.

Lisboa (1975) relata que trabalhos têm sido desenvolvidos em diferentes locais onde ocorrem "caatingas" ou "campinas amazônicas", sem, entretanto, haver um claro limite que permita diferenciar esses dois tipos de vegetação de maneira a justificar as diferentes terminologias adotadas na literatura botânica. Além de caatingas e campinas, essas ilhas recebem o nome de savanas amazônicas, contudo a dificuldade de unificação de um termo dificulta as pesquisas (Prance e Schubart; 1978).

Mafra et al. (2000) enfatizam que há pouco conhecimento sobre a origem do solo das Campinaranas na região amazônica. Mendonça et al. (2015) consideram que a literatura sobre as Campinaranas Amazônicas é escassa, com muitas discussões e controvérsias quanto à origem. Guimarães e Bueno (2016) relatam que pouco se sabe sobre a origem, evolução e dinâmica desse ambiente na Amazônia.

Ab'Saber (2000) caracterizou essas áreas como sendo de uma tipologia bastante diferenciada, com uma vegetação mais aberta e com pouca diversidade ecológica. O tipo de solo, bastante arenoso, é uma das principais diferenças identificadas em relação à Floresta Ombrófila Densa. O autor denominou essas áreas de enclave, chamando-as de Campinas e Campinaranas.

Em relação a sua fitogeografia, Ferreira (2009) afirma que essas formações não estão somente na bacia do Rio Negro, mas distribuídas por toda bacia amazônica. Quanto a

suas características físicas, o autor afirma que, fisionomicamente são formações arbustivas agrupadas, cujos indivíduos apresentam certo grau de escleromorfismo, casca rugosa e caules tortuosos, sempre cobertos de epífitas tais como briófitas, orquídeas e bromélias e afirma que sua formação é sobre o solo podzol.

Lisboa (2000) destaca que a principal diferença entre Campinas e Campinaranas está na altura das árvores, sendo as Campinas de pequeno porte e as Campinaranas com porte arbóreo variando entre 10 m e 20 m. O autor também afirma que nas Campinas os indivíduos arbóreos crescem isolados e nas Campinaranas eles crescem em pequenos grupos. Mendonça et al. (2015) caracterizam as Campinaranas como áreas com solos do tipo Espodosolo (em algumas literaturas mais antigas o nome atribuído a esse solo é podzol) e o Neossolo Quartzarênico, sendo o Espodosolo o mais predominante.

Após os trabalhos de Lisboa (1975), Prance (1975) e Prance e Schubart (1978), diversos outros estudos surgiram, muitos dos quais com dificuldades de nomenclatura, contudo mais voltados a explicar o processo de formação das Campinas e Campinaranas, destacando as teorias que consideram que as Campinaranas são originadas de: paleocanais (Ferreira, 2009); evolução do solo (Bueno, 2009); deposição fluvial (Mendonça, 2011).

As principais teorias em relação à origem das Campinas e Campinaranas são: 1- Paleocanais (Janzen, 1974; Ferreira, 2009); 2- Paleoclima (Ab'Saber, 2004); 3- Evolução do solo (Mafra et al., 2002; Bueno, 2009); 4- Deposição fluvial (Mendonça, 2011; Mendonça et al., 2015); 5- Intervenção Antrópica (Prance, 1975; Prance e Schubart, 1978).

Mesmo com os estudos recentes, a dificuldade em denominar o ambiente como Campinarana ainda persiste; além da dificuldade de nomenclatura, há a dificuldade em compreender a gênese desse ambiente.

Em síntese, os principais estudos abordam:

- Evolução do Solo (Podzolização, o Latossolo transforma-se em Espodosolo);
- Deposição Fluvial (Sazonalidade do rio deposita as areias);
- Paleocanais (Evento Geológico que resultou em canais abandonados);
- Paleoclimas (Glaciação e depósitos eólicos);

- Origem Antrópica (intervenção direta e indireta na paisagem)

De acordo com Guimarães e Bueno (2016), é possível que todas essas afirmações sejam verdadeiras, dependendo da região amazônica que se estuda. A maioria dos estudos foram feitos no 60 km de Manaus, na BR 174, e mesmo sendo a mesma área de investigação, encontraram contradições. A presente pesquisa realizou-se em uma área totalmente diferenciada, com paisagens diversificadas e diversos enclaves de Campinaranas.

Com a finalidade de compreender um pouco cada teoria e os direcionamentos que os levam a creditar em diferentes gêneses das Campinaranas, contextualizou-se as principais teorias e as devidas justificativas para explicar a origem dessas áreas diferenciadas na Amazônia.

### 1.3.1 Pedogênese (Podzolização)

Nas hipóteses que relatam a pedogênese como fator influenciador das Campinaranas, aborda-se duas ideias. Em uma, considera-se o material de lixiviação do Latossolo, transformando-o em Espodosolo, em outro, argumenta-se que é devido ao acúmulo da matéria orgânica em diferentes horizontes.

Contudo, seguindo uma linha de evolução do Latossolo Amarelo, inicialmente, os estudos de Lucas et al. (1984), fundamentou em um estudo de vertentes os processos de podzolização do Latossolo Amarelo a partir de processos que o transformaria em um Espodosolo a partir do processo de lixiviação do solo. Dessa forma, em pesquisas antigas de Lucas et al. (1984), foi realizado coleta de solo em um perfil no Km 60 da BR 174, e uma análise comparativa em duas áreas. Nessa pesquisa procurou-se entender a relação da rocha matriz com a estrutura pedológica. Nos perfis analisados, identificou-se significativas perdas de argila no solo na de montante para jusante, contudo, em só um dos perfis haviam a podzolização (o Espodosolo). Com esses dados, os autores concluíram que “a diferenciação da cobertura pedológica de cada superfície intermediária aparece em um estágio de uma mesma evolução”.

Nessa linha de pensamento da evolução do solo, estudos mais recentes acreditam que a pedogênese dos solos das Campinaranas são, como argumentado por Lucas et al. (1984)

“processo de evolução do Latossolo Amarelo para o Espodosolo” (Bueno, 2009) mas Bueno relata de forma mais detalhada que esse processo ocorre a partir da saturação hídrica, gleização e perda de argila.

Horbe et al (2003) relatam que o processo de podzolização em área de floresta tem sido constante e, em tempos geológicos, apresenta-se recente, pois considera-se que essas áreas de Campinaranas possuem aproximadamente 3.000 anos. De acordo com os autores, essas áreas resultam do processo de saprólito dos perfis lateríticos oriundos da formação Alter-do-Chão. Dessa forma, para os autores, a decomposição da rocha matriz tem a resposta para explicar a mudança no solo e conseqüentemente, a formação das Campinaranas.

Para Mafra et al. (2002) e Bueno (2009), as Campinaranas na Amazônia podem ser resultados da evolução pedogenética do Latossolo Amarelo, o qual passa por um processo de saturação hídrica, gleização e perda de argila. Mafra et al. (2002) abordam o tema expondo uma pesquisa com dados de uma sequência pedológica realizada desde a colina até a planície.

A partir das análises laboratoriais das amostras de solos, Mafra et al. (2002) concluíram que, possivelmente, a origem das Campinaranas está associada a uma evolução do solo, para os autores, esta hipótese torna-se mais adequada, baseando-se nas evidências de uniformidade e filiação dos materiais ao granito e na disposição organizada dos constituintes do solo da colina à planície Para os autores, a erosão mecânica poderia ser um dos processos envolvidos na diferenciação textural dos materiais na borda da colina.

A essa teoria também foi relatada por Coimbra et al. (2003) as areias quartzosas são o produto do intemperismo/pedogênese na região, devido à iluviação da matéria orgânica e conseqüente dissolução de caulinita e corrosão do quartzo e, assim, resultando na diferenciação progressiva de horizontes em típico processo de podzolização e geração de Espodosolos.

### 1.3.2 Deposição Fluvial

Klinge (1965) aborda que o surgimento das Campinaranas ocorreu por deposição fluvial. O autor relata que os materiais do podzol (Espodossolo), identificados em campo, são depósitos geologicamente jovens. O autor defende que a litologia e topografia são os principais fatores para essa deposição. Para credibilizar a teoria, o autor relata o fato das Campinaranas, geralmente, estarem em áreas próximas aos rios de água escura.

De acordo com diversos pesquisadores (Janzen, 1974; Gribel et al., 2009; Mendonça, 2011; Mendonça et al., 2015), as Campinaranas são de origem fluvial, ocorrem na deposição de materiais a partir da sazonalidade natural do rio. Mendonça et al. (2015) interligam diretamente com os processos de podzolização e arenização dos solos que, por sua vez, são associados à elevada lixiviação e consequente empobrecimento químico destes solos.

Além dos referidos autores, serviços federativos tais como CPRM (2000) e IBGE (2000), defendem a ideia de que as Campinaranas são originadas por deposições fluviais a partir do processo de regime do rio.

### 1.3.3 Paleocanais

Ferreira (2009) evidencia-se que a Amazônia era um mar, e os antigos leitos secaram, deixando uma deposição de dunas arenosas. Para o autor, as Campinaranas são originárias de paleocanais, ou seja, antigos canais fluviais da Amazônia. O autor defende essa hipótese a partir de relatos geológicos, como da existência de mar na Amazônia do passado.

Mais especificamente, o autor argumenta que o fator geológico teve origem em três pontos: (a) leitos de antigos corpos de água que secaram, (b) perfis arenosos oriundos da decomposição de arenitos do Escudo Guianense e do Escudo Brasileiro, e (c) antigas dunas arenosas de origem eólica, essa terceira hipótese, inclusive, sustenta a afirmativa

que considera o vento o responsável pelo transporte das areias. Segundo Ferreira (2009), a geologia explica a pluralizada origem das Campinas e Campinaranas.

Ainda referente a gênese geológica, Rossetti et al. (2012) relata que em seus estudos que as áreas abertas sempre estão interligadas a depósitos sedimentares. Para os autores a relação entre a vegetação e o ambiente físico sugere uma gênese geológica para as Campinaranas, de formações recentes, oriundas do Quaternário, no qual caracterizam-se por serem antigos leitos de rios, que devido a atividade dos falhamentos rochosos, tiveram seu curso modificado, restando nos locais os vestígios dos paleocanais desativados por atividades geológicas.

#### 1.3.4 Paleoclima/Clima

De acordo com Silva et al. (2003) a sedimentação na Bacia do Amazonas é encerrada pela deposição de duas seqüências continentais, uma cretácea superior (Formação Alter do Chão) e outra cenozóica (formações Solimões e Içá), depositadas por sistemas fluviais e flúvio lacustres.

Em relação a condição climática para a formação das Campinaranas, há relatos de formações por depósitos eólicos, os quais são atribuídos a Santos et al. (1993), que relatam que a formação Içá é coberta por depósitos eólicos que formam os campos de dunas Araçá, Anauá e Catrimân.

Para Ab' Saber (2000), em períodos geológicos do terciário e quaternário foi realizado deposições de areias, sendo essa a paisagem antiga da Amazônia, predominando floresta aberta, mas a mudança para um clima mais úmido modificou a composição da floresta, sendo as Campinaranas vestígio da floresta antes das mudanças do clima. Assim, durante períodos geológicos do terciário e quaternário, foi realizada deposição de areias, sendo essa a paisagem antiga da Amazônia, predominando floresta aberta. Contudo, a mudança para um clima mais úmido modificou a composição da floresta (Ab' Saber, 2004).

### 1.3.5 Ação Antrópica

Outra tese, pouco abordada, foi defendida por Prance (1975) e Prance e Schubart (1978), ao observarem amostras de carvão vegetal e cerâmicas indígenas nos perfis do solo. Tal hipótese será, nesta pesquisa, explicada à luz da teoria da resiliência ecológica. Considera-se que as ações no meio, concentradas em um determinado ambiente da Floresta Ombrófila Densa, possivelmente criaram uma configuração diferente da floresta predominante.

Na área de estudo dessa pesquisa (Bacia Hidrográfica do Rio Sanabani), foram identificados vestígios de antigas ocupações humanas. Cerâmicas demonstram que, em muitas áreas de floresta, havia organizações indígenas. Tais vestígios contribuem para evidenciar que a floresta foi modificada pelos antigos moradores e o que vemos na atualidade é um cenário que passou por transformações.

As principais pesquisas, realizadas por Simões e Machado (1987), evidenciam na região do lago de Silves, entre o rio Sanabani e Itabani, 19 sítios arqueológicos. Todos esses sítios estão em locais estratégicos para sobrevivência humana, tais como em terrenos elevados, longe das inundações, mas não muito distante das margens do rio, devido a necessidade de pesca. Na Figura 1.4 estão alguns dos vestígios arqueológicos identificados pelos autores.

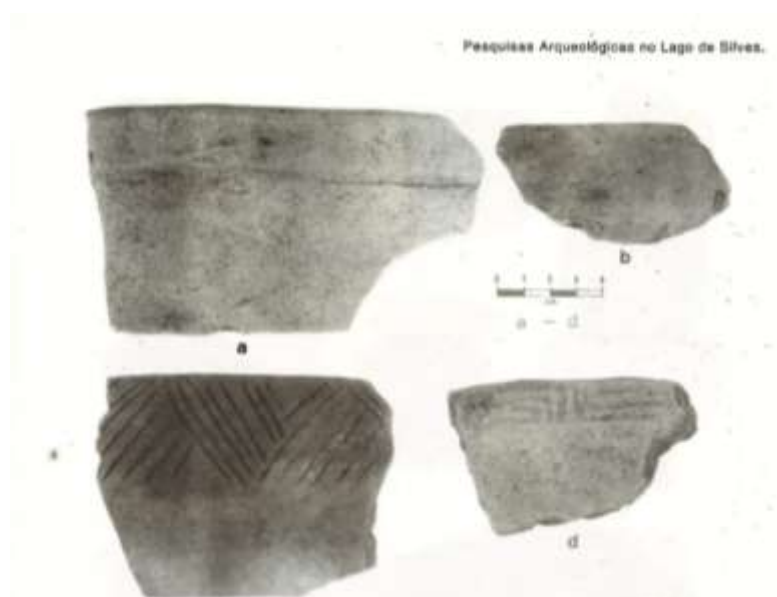


Figura 1.4 - Vestígios arqueológicos de antigas ocupações humanas em Silves referentes à investigação de Simões e Machado, 1987.

Considerando os fatores que criam naturalmente um solo, não há diferenças entre o clima e rocha da vegetação de Campinaranas e a Floresta Ombrófila Densa. O relevo, apesar das variações, pouco se modifica, e a vegetação diferenciada é resultado do próprio solo originado no processo de uma possível adaptação.

Mesmo na hipótese que considera a sazonalidade, algumas áreas estão mais longe das margens fluviais, enquanto áreas próximas ao ponto de inundação não possuem características de Campinas ou Campinaranas.

De uma forma geral, desde as primeiras pesquisas (Spruce, 1908; Ducke e Black, 1954; Klinge, 1965; Lisboa, 1975) até as mais atuais (Ferreira, 2009; Bueno, 2009; Mendonça, 2011; Mendonça et al., 2015; Abreu e Vieira, 2019) há somente uma afirmação: não se sabe ao certo a origem das Campinaranas.

A partir das pesquisas realizadas, observa-se que o que foi dito em 1975 por Lisboa ainda é real: os autores ainda confundem com Caatinga, Savana, Cerrado e Campos e não são unânimes quanto à origem.

## **2. CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SANABANI**

A caracterização procurou especificar o ambiente da pesquisa nos aspectos históricos (processo de ocupação) e naturais (tipos de solo, relevo, vegetação, clima, hidrografia). Além de abordar os processos de modificações na paisagem que a área de investigação tem apresentado.

### **2.1 Caracterização Física**

A área de estudo apresenta uma rica variedade de ambientes naturais (Campinas, Campinaranas, Floresta de Várzea, Floresta Ombrófila Densa), dentre os quais destacam-se as Campinaranas. Essa área também apresenta diversas atividades humanas (agricultura, mineração, extrativismo) que modificam constantemente a paisagem.

A pesquisa foi realizada na bacia hidrográfica do rio Sanabani, no município de Silves-Amazonas (Figura 2.1), a dimensão da área de investigação tem aproximadamente 742,3 km<sup>2</sup>. Localiza-se em um município que tem aproximadamente 9.289 habitantes distribuídos em um território de 3.748,8 km<sup>2</sup>, resultando em uma densidade demográfica de 2,43 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2020).

Além desta característica, a área de investigação, segundo Simões e Machado (1987), é composta por vestígios arqueológicos que ajudam a compreender as ocupações e intervenções na natureza em períodos passados, possibilitando uma ampla compreensão da resiliência ecológica.



Figura 2.1 - Enquadramento Geográfico da bacia hidrográfica do rio Sanabani (A). República Federativa do Brasil (B). Estado do Amazonas (C).

## 2.2 Ocupação Humana

Segundo D’Albuquerque e Marinho (1999), o nome primitivo dado à cidade de Silves foi Saracá. Sua fundação se deu pelo frei Raimundo, em 1660, tendo como primeiros habitantes os indígenas Caboquenas, Buruburus e Guanavenas. Em geral, é uma área que representa a pluralidade da Amazônia.

Segundo Simões e Machado (1987), é possível compreender o processo histórico de ocupação humana da bacia hidrográfica do rio Sanabani a partir dos depoimentos de cronistas e viajantes locais, que relatam “que a região foi palco de sangrentas lutas entre índios e as 'tropas de resgate' na época da conquista da Amazônia. Os grupos indígenas distribuíram-se ao longo do rio Urubu e seus tributários até o lago de Silves ou Saracá, onde se localiza a ilha de Silves”. Segundo os autores, a cidade foi fundada em 1660 pela missão de catequização denominada Saracá.

Apesar da missão visar proteger os nativos, conta-se que continuaram “as lutas entre índios e as "tropas resgate", culminando com o histórico massacre praticado por Pedro da Costa Favela, em 1664”. Os habitantes locais afirmam que o nome Urubu designado ao rio, retrata esse período em que corpos foram atirados na água atraindo os urubus.

Simões e Machado (1987) descrevem que, de acordo com os relatos em 1759, a aldeia Saracá foi renominada para vila de Silves, deixando o nome indígena para adquirir um nome europeu, abrigando desde então uma população diversificada da anterior, composta por índios Pariquis, Barés, Bacunas, Comanis, Arauquis e alguns brancos.

Em síntese, pode-se evidenciar, na Figura 2.2, os locais com maiores intensidade de alteração antrópica na bacia hidrográfica Sanabani. A classificação é generalizada e mostra somente os aspectos com maiores evidências de influência humana. Observa-se que nas margens do rio Sanabani e do afluente da margem esquerda, o Itabani, há as principais intervenções antrópicas, onde o solo exposto foi resultado de sucessivos processos de desflorestamento. Próximo às rodovias também se evidencia numerosas áreas com solo exposto, muitas delas com processos erosivos que originaram em voçorocas. As intervenções próximas à rede fluvial foram classificadas com influência antrópica média, pois observa-se que apesar de haver um fluxo de alterações prolongadas, a natureza local consegue permanecer nos processos de resiliência e recuperação. As intervenções próximas às estradas, que resultaram em voçorocas, foram classificadas como uma influência antrópica intensa, uma vez que as incisões representam um estágio avançado da degradação. As demais áreas da bacia hidrográfica foram classificadas com pouca influência antrópica, uma vez que ainda estão com os aspectos naturais preservados.

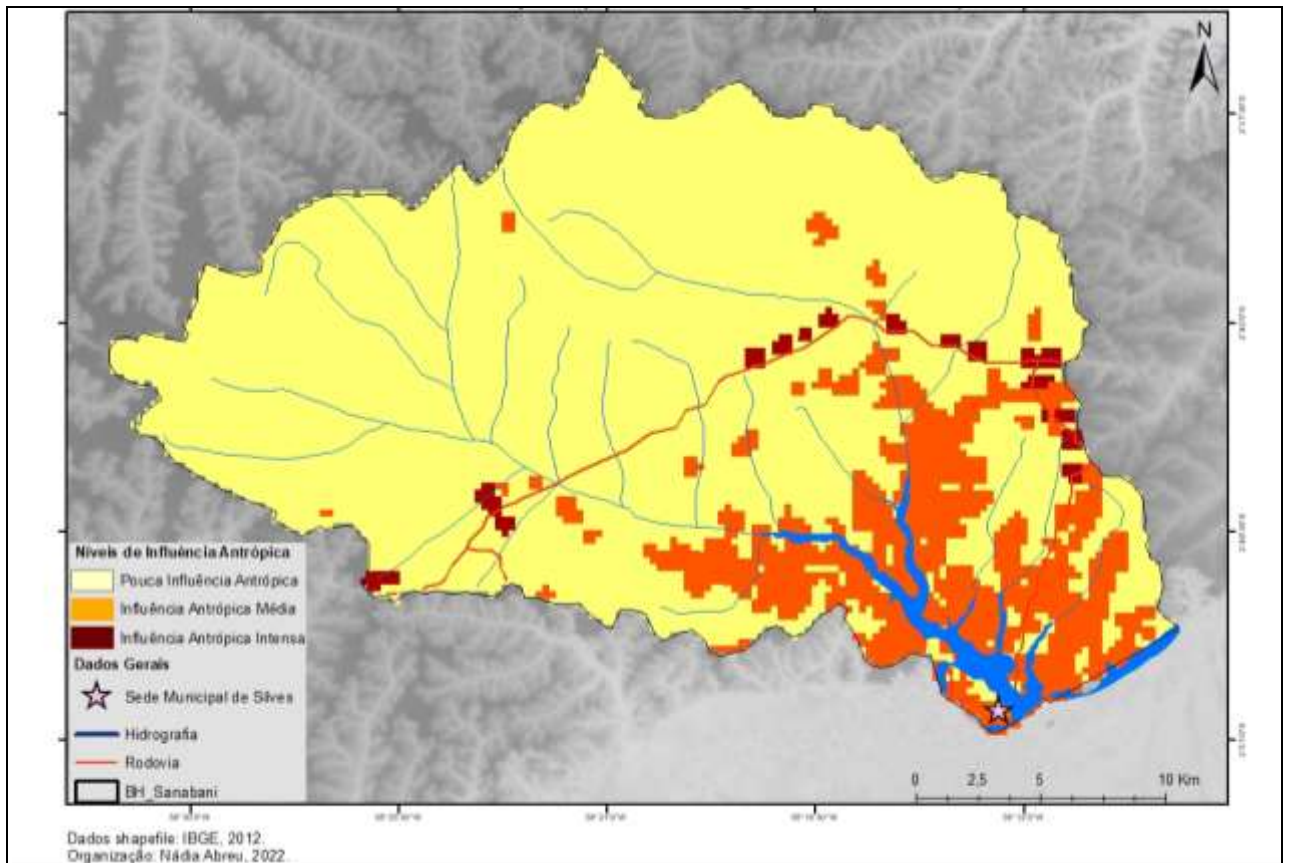


Figura 2.2 – Intensidade da influência antrópica na bacia hidrográfica Sanabani. Fonte: Autora, 2020.

### 2.3 Os Tipos de Solo

Na Bacia Sanabani, a classe de solos de maior abrangência é a do Argissolo (Figura 2.3) que ocupa uma área de 91,23 % da área total da bacia. Diferente do padrão geral da região Amazônia, segundo Lepsch (2011), o Latossolo é o mais abundante na região amazônica, ocupando 41,1 % do solo, contudo, na área de investigação, ele apresenta 2,21 % de abrangência. Além do Argissolo e do Latossolo, na bacia Sanabani tem alguns vestígios do Neossolo Quartzarênico, correspondendo a 3,69 % dos solos da bacia Sanabani, Gleissolo, que representa 1,6 % dos solos da área de investigação e o Espodossolo com abrangência de 1,27 %.

Observou-se em pesquisa de campo alguns detalhes que as imagens remotas não destacam, como por exemplo, a existência de Espodossolo em áreas de Campinaranas. Nesse caso, algumas áreas classificadas como Neossolos Quartzarênicos, devido a

semelhança física e dificuldade de interpretação das imagens, são áreas de Espodosolo, confirmadas em campo. De uma forma geral, a Floresta Ombrófila Densa ocorre sobre o Argissolo e o Latossolo, enquanto a Campinarana ocorre sobre o Espodosolo e Neossolo Quartzarênico. Apesar de não ser mencionado, por limitação de escala as imagens contém essas limitações que são resolvidas em pesquisas de campo. Na Figura 2.3, obtida pelo projeto RADAM-BRASIL por meio de fotografias aéreas, observa-se a classificação de solos, mas com os destaques observados em campo.

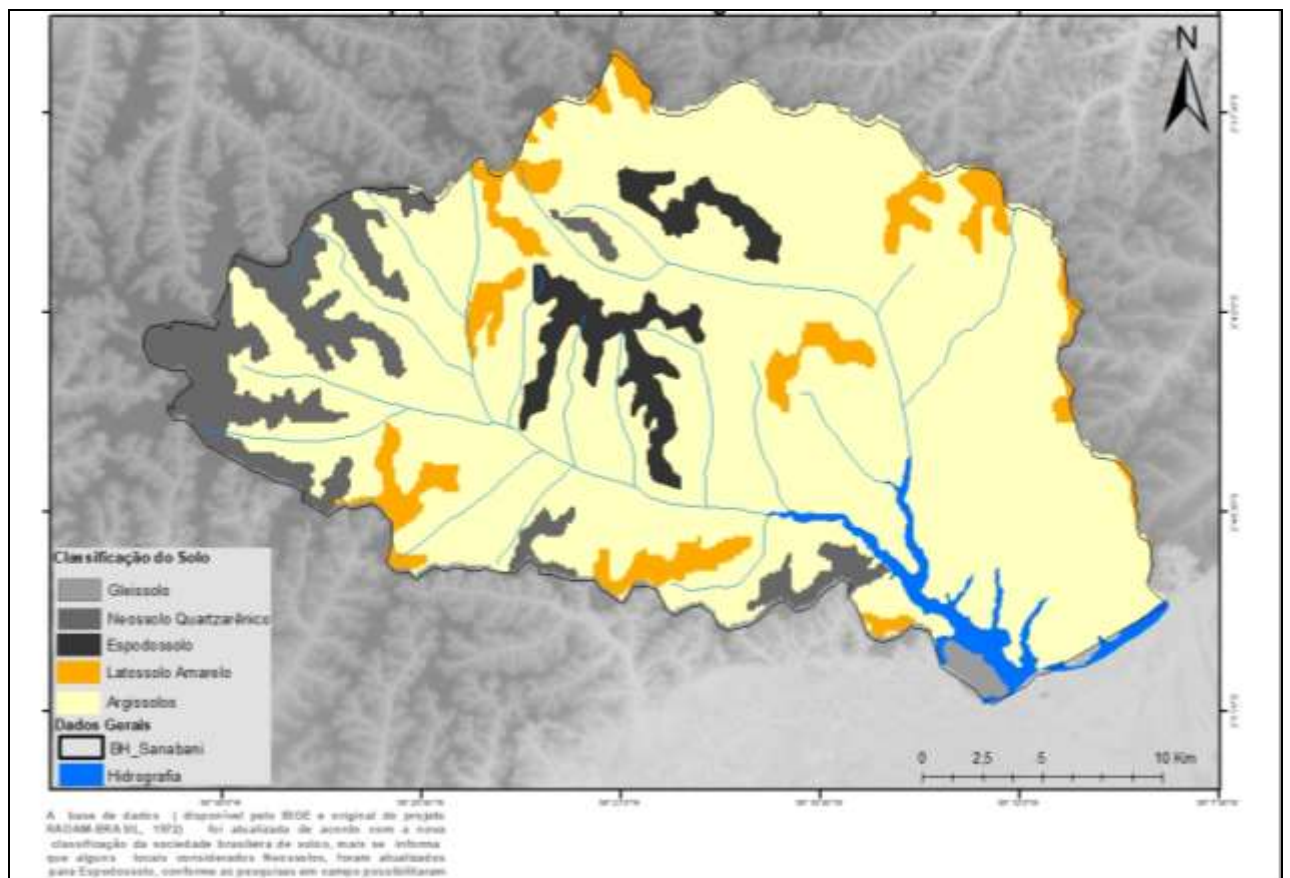


Figura 2.3 – Tipos de solo na bacia hidrográfica do rio Sanabani. Fonte: RADAM-BRASIL,1970.

## Latossolo Amarelo

Segundo a EMBRAPA (2003), o Latossolo Amarelo é um solo que varia de argiloso muito argiloso, encontrado em diversos tipos de relevo, dos planos aos mais ondulados, e é considerado distrófico por possuir baixa fertilidade. Na área de estudo (Figura 2.4), este solo possui sua pedogênese ligada à litologia da Formação Alter do Chão, onde a floresta densa se desenvolve (RADAM, 1976).

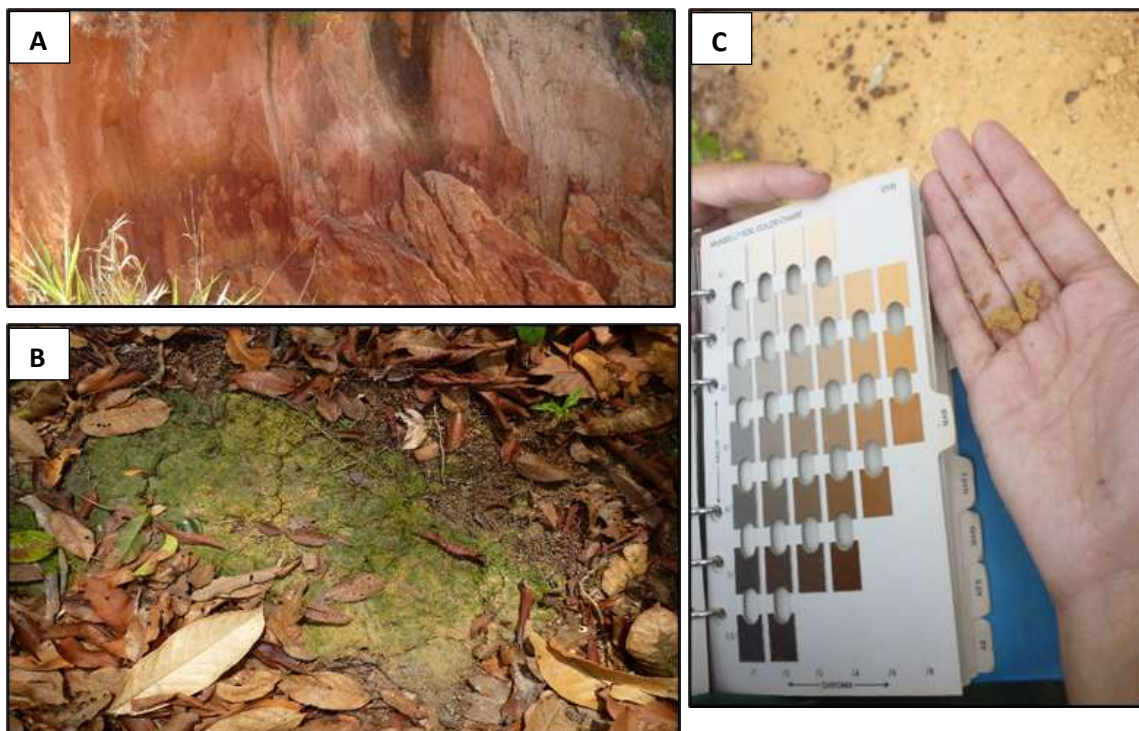


Figura 2.4 – Latossolo Amarelo identificado na bacia hidrográfica do rio Sanabani (A); O solo exposto em área de floresta (B); Identificação da cor e tipo do solo (C). Fonte: Autora, 2020.

## Espodossolo

Por outro lado, de acordo com Lespch (2011), o Espodossolo representa 2 % dos solos que constituem todo o território da Amazônia, e na área de estudo, representa 1,27 %. A floresta nesse tipo de solo é mais aberta, diferente da floresta que se desenvolve sobre o Argissolo e o Latossolo Amarelo, que é densa. Segundo a EMBRAPA (2006) esta classe de solo são "solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B

espódico, imediatamente abaixo de horizonte E ou A, dentro de 200 cm da superfície do solo, ou de 400 cm de profundidade, se a soma do horizonte A+E ou horizonte hístico + E ultrapassa 200 cm de profundidade".

Nesse contexto, o Espodossolo, em geral é fortemente ácido, normalmente com saturação por bases baixa (distróficos), podendo ocorrer altos teores de alumínio extraível. A textura é predominantemente arenosa (Figura 2.5), sendo menos comumente com textura média e raramente argilosa (tendente para média ou siltosa) no horizonte B espódico (EMBRAPA, 2006).

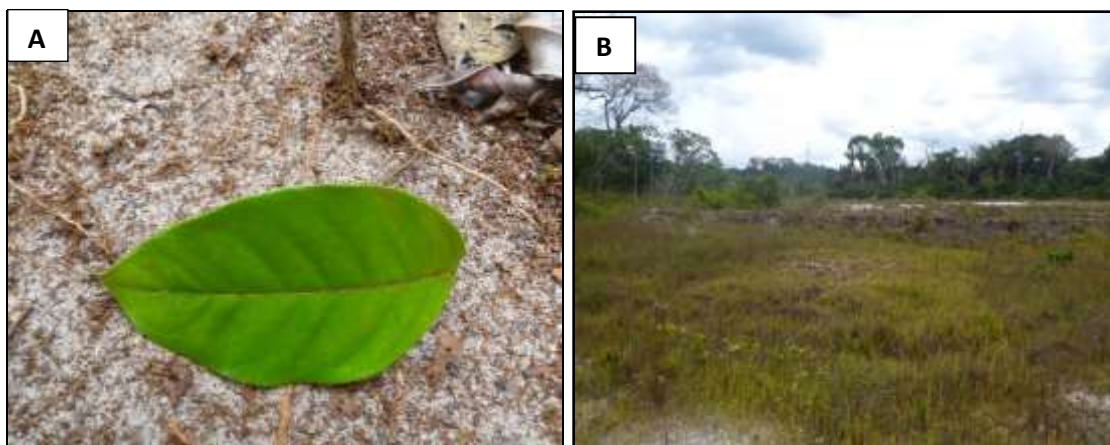


Figura 2.5 – Espodossolo com horizonte A de cor clara, identificado na pesquisa de campo - Bacia Hidrográfica Sanabani (A); Campinarana modificada com pouca cobertura da areia branca, apresentando a parte superficial, próximo a estrada AM-363 (B). Fonte: Autora, 2020.

Em pesquisa de campo, pode ser identificado numerosas áreas que se classificam como Espodossolo, pois possuem horizonte espódico com cor que varia desde cinzenta, de tonalidade escura ou preta, até avermelhada ou amarelada, e nítida diferenciação de horizontes. Tal observação confirma a análise de Ferreira (2009) que identificou, predominantemente, as Campinaranas firmadas em Espodossolo. No entanto, vale ressaltar que as Campinaranas ocorrem nos dois tipos de solo (Neossolo Quartzarênico e Espodossolo), tal fato foi evidenciado em pesquisas de campo e também por estudos realizados na região de Roraima, por Mendonça et al. (2015).

## Neossolo Quartzarênico

Segundo Lepsch (2011), os Neossolos Quartzarênicos apresentam pouca evidência dos horizontes pedogenéticos. De acordo com a EMBRAPA (2006) constituem-se por apresentar a sequência de horizontes A-C, sem contato lítico dentro de 50 cm de profundidade, apresentando textura areia ou areia franca nos horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150 cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico; essencialmente quartzosos, tendo nas frações areia grossa e areia fina 95 % ou mais de quartzo, calcedônia e opala e, praticamente, ausência de minerais primários alteráveis menos resistentes ao intemperismo).

Há uma forte semelhança do Neossolo Quartzarênico com o Espodossolo, mas a grande diferença está na distribuição dos horizontes, uma vez que o Espodossolo possui horizonte B bem definido, enquanto o Neossolo Quartzarênico não apresenta o horizonte B. Durante a coleta de solo, em áreas de Espodossol, foi possível realizar tradagem no solo de forma fácil, mas em áreas de Neossolo Quartzarênico, dificilmente foi possível conseguir atingir os primeiros 1 m de profundidade de coleta, uma vez que há uma proximidade com o horizonte C (Figura 2.6).



Figura 2.6 - Neossolo Quartzarênico em área próximo ao rio Sanabani. Fonte: Autora, 2020.

Considerando que nas áreas de amostragens era comum encontrar horizontes espódicos e outros sem definição do horizonte B, será considerado como o solo predominante na área de Campinaranas da bacia hidrográfica Sanabani o Espodosolo e o Neossolo Quartzarênico. Além disso, os resultados de algumas amostras de Campinaranas revelaram grande teor de Alumínio, o que caracteriza um fator que direciona a condicionar algumas áreas como Espodosolo e Neossolo Quartzarênico.

Na Figura 2.7, é possível identificar os tipos de solo. Observa-se que não há uma grande zona de transição, o contexto da paisagem e o tipo de solo modifica-se a centímetros de distância.



Figura 2.7 - Diferenças entre os tipos solo: separação (linha amarela) entre o solo arenoso (setas azuis) e o solo argiloso (seta vermelha). Fonte: Autora, 2020.

A Figura 2.8 sintetiza o que foi escrito sobre os solos da bacia hidrográfica Sanabani.

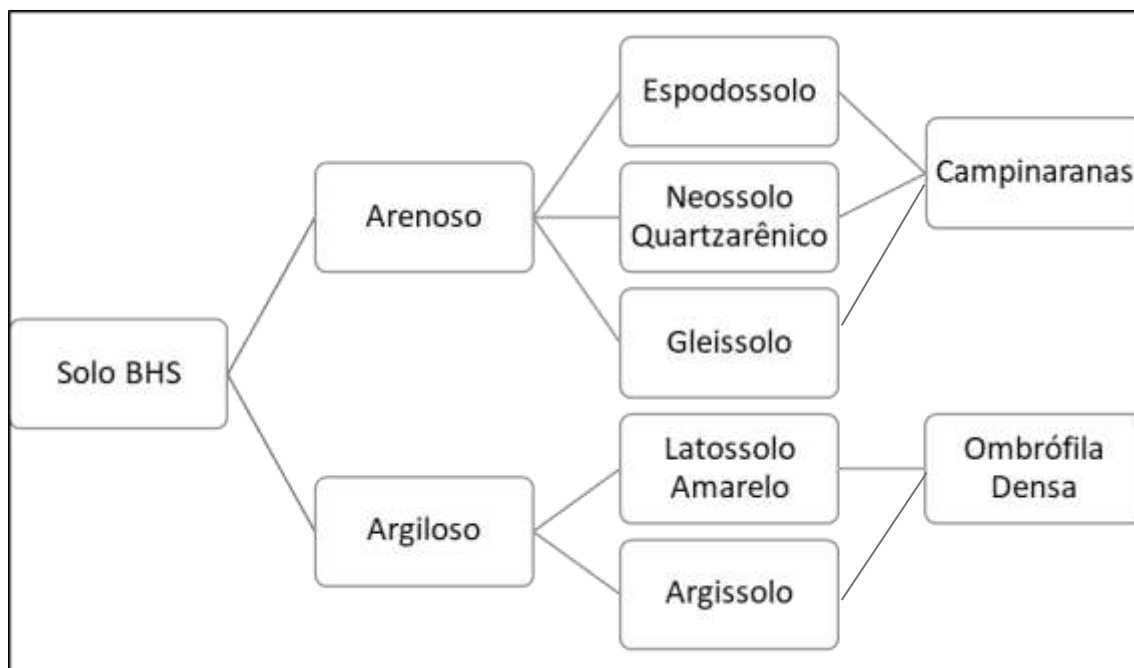


Figura 2.8 – Síntese da distribuição do solo na área de investigação. Fonte: autora, 2022.

#### 2.4 Geologia e Geomorfologia

Segundo a EMBRAPA (2003), a área de estudo pertence à Bacia Sedimentar Amazônica e está inserida na Formação Alter do Chão o qual ocupa uma extensão de 92,34 % da área de pesquisa. Esta é constituída, predominantemente, por arenitos, argilitos, arenitos caulíníticos e restritos arenitos silicificados em um extenso domínio de baixos platôs dissecados com graus e intensidade diversificados.

Santos e Souza (2015) relatam que a Formação Alter do Chão é constituída por siltitos, arenitos médios de coloração avermelhada a amarelada com traços de raízes, apresentando estratificação cruzada e acanalada. No entanto, esta formação contém o quartzo, a caulinita e os óxi-hidróxidos de ferro (hematita e ghoethita) como seus principais constituintes mineralógicos. Na Figura 2.9 pode ser verificada a distribuição das principais formações geológicas da bacia hidrográfica Sanabani.

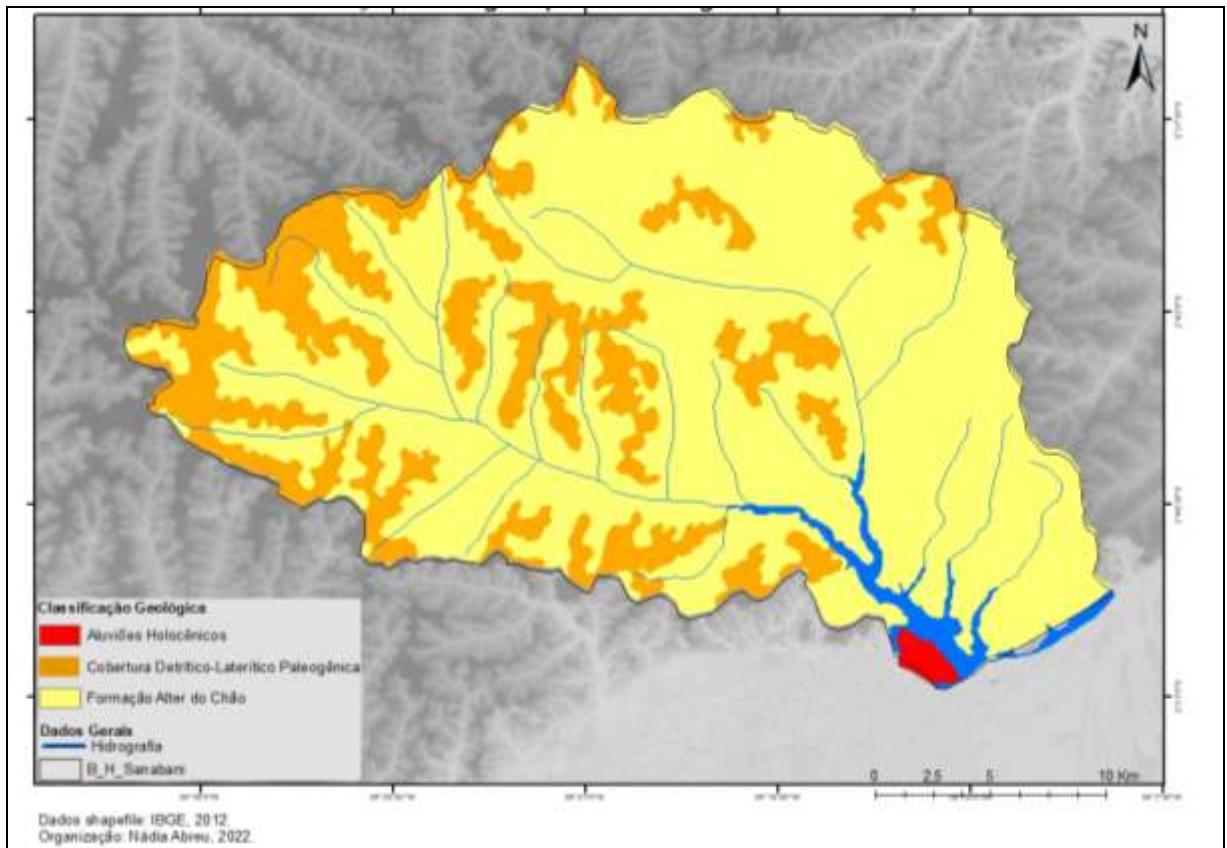


Figura 2.9 – Distribuição espacial dos principais grupos geológicos da bacia hidrográfica do rio Sanabani.

Comparando o mapa de solo com o da geologia, percebe-se uma clara correspondência entre a distribuição dos elementos, onde os Argissolos e os Latossolos Amarelos coincidem com a Formação de Alter do Chão; os Espodossolos, Neossolos Quartzarênicos e os Gleissolos coincidem com a cobertura Detritico-Laterítica paleogénica.

Na Figura 2.10, é possível observar que existem áreas com declividade até 6°, porém, com variações topográficas concentradas e predominantes até 4°, alguns terrenos chegam a 6° e raramente se atinge 20°.

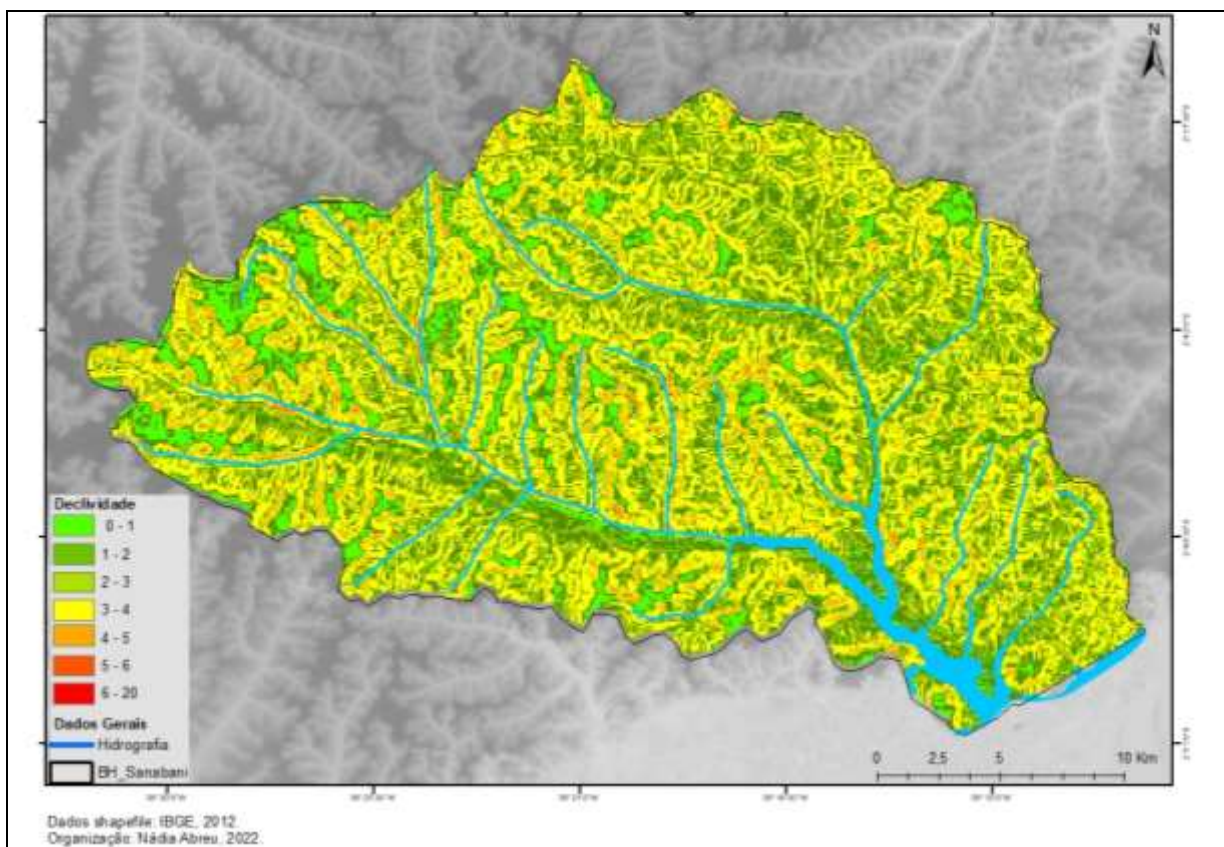


Figura 2.10 – Declividade (°) na bacia hidrográfica do rio Sanabani. Fonte:Base de dados RADAM-BRASIL, 1970.

O terreno da bacia Sanabani apresenta elevações até 150 m de altitude (Figura 2.11). As áreas próximas aos rios principais possuem elevações até 50 m.

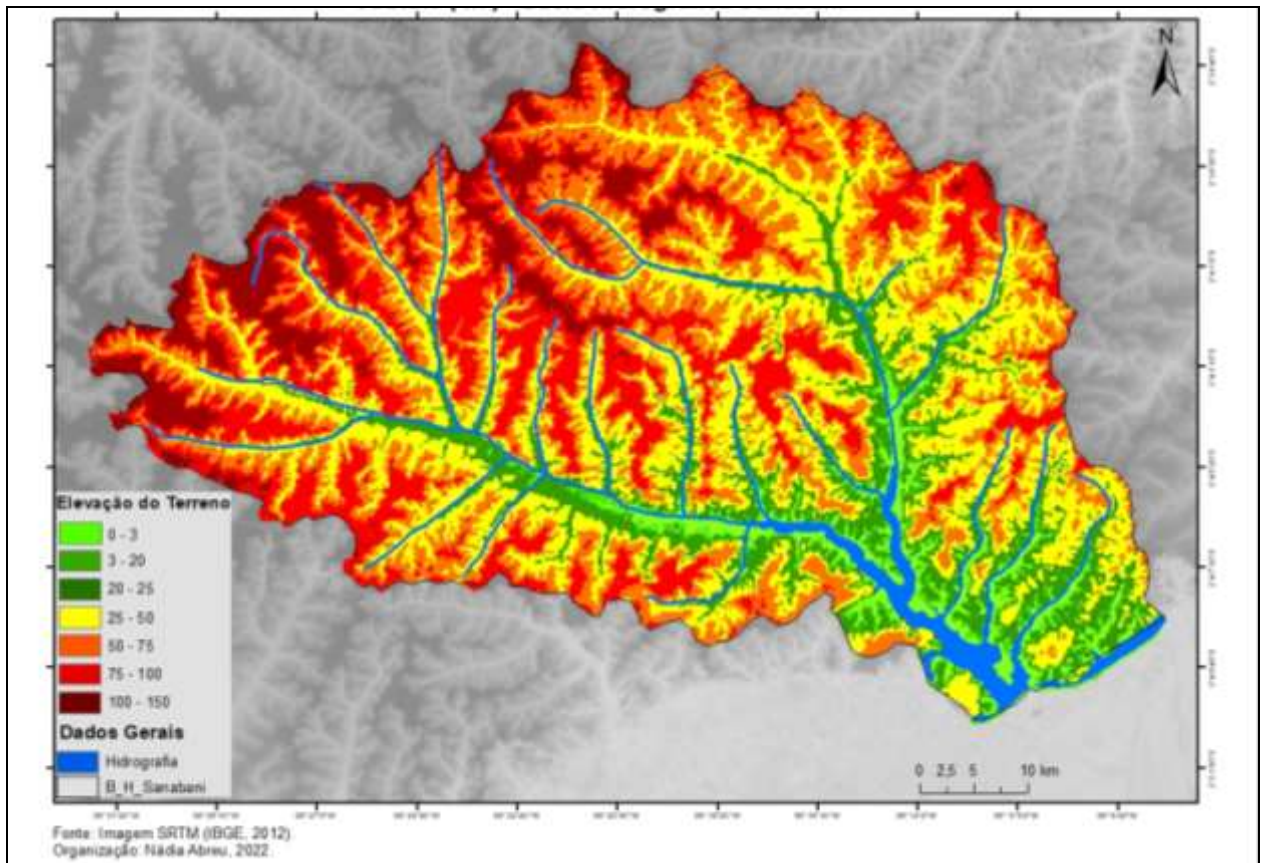


Figura 2.11 – Altitude na bacia hidrográfica do rio Sanabani. Fonte: Base de dados RADAM-BRASIL, 1970.

## 2.5 Vegetação

A vegetação predominante é a Ombrófila Densa, que apresenta área de várzea e terra firme. Em diversas partes, entre a floresta fechada, surgem as Campinaranas, com um porte arbóreo diferenciado e um solo arenoso, diferentemente do solo típico da floresta, de textura argilosa.

A palavra "ombrófila" deriva das palavras gregas *ómbros+filo*, que significa "amigo de umidade" ou "amigo de chuva". Esse tipo de vegetação é umas das mais identificadas na Amazônia, pois, segundo Ab'Saber (1993), a pluviosidade mantém a floresta ombrófila sustentada.

De acordo com o IBGE (2012), esse tipo de vegetação possui uma grande diversidade de espécies vegetais. Além da diversidade ambiental, a floresta Ombrófila possui uma

grande umidade que a mantém em equilíbrio em todas as épocas do ano. Sua vegetação possui copas fechadas e árvores de grande porte (Figura 2.12).

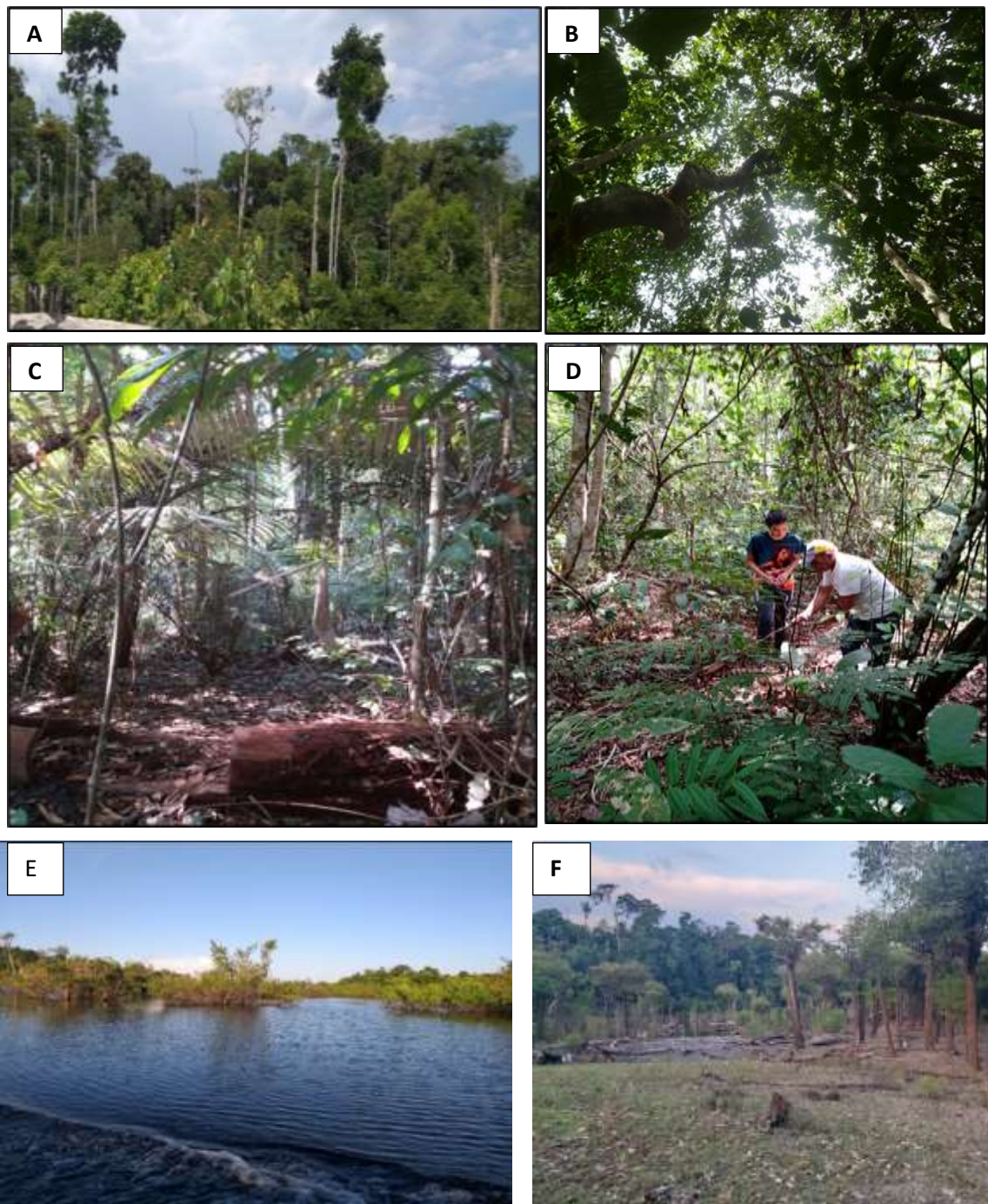


Figura 2.12 – Vegetação Ombrófila Densa da bacia hidrográfica Sanabani: aspecto denso das copas das árvores (A, B); local escolhido para o inventário (C, D); Floresta Ombrófila na área de Várzea no período de inundação (E); Floresta Ombrófila na área de várzea em períodos de seca (F). Fonte: Autora.

A Floresta Ombrófila Densa apresenta uma abundância e dominância que cobre boa parte das copas das árvores, com indivíduos que crescem isolados e densamente. O tipo de solo que está inserida é o Latossolo Amarelo e geralmente o relevo tem elevações, não é uma configuração plana (Figura 2.13).

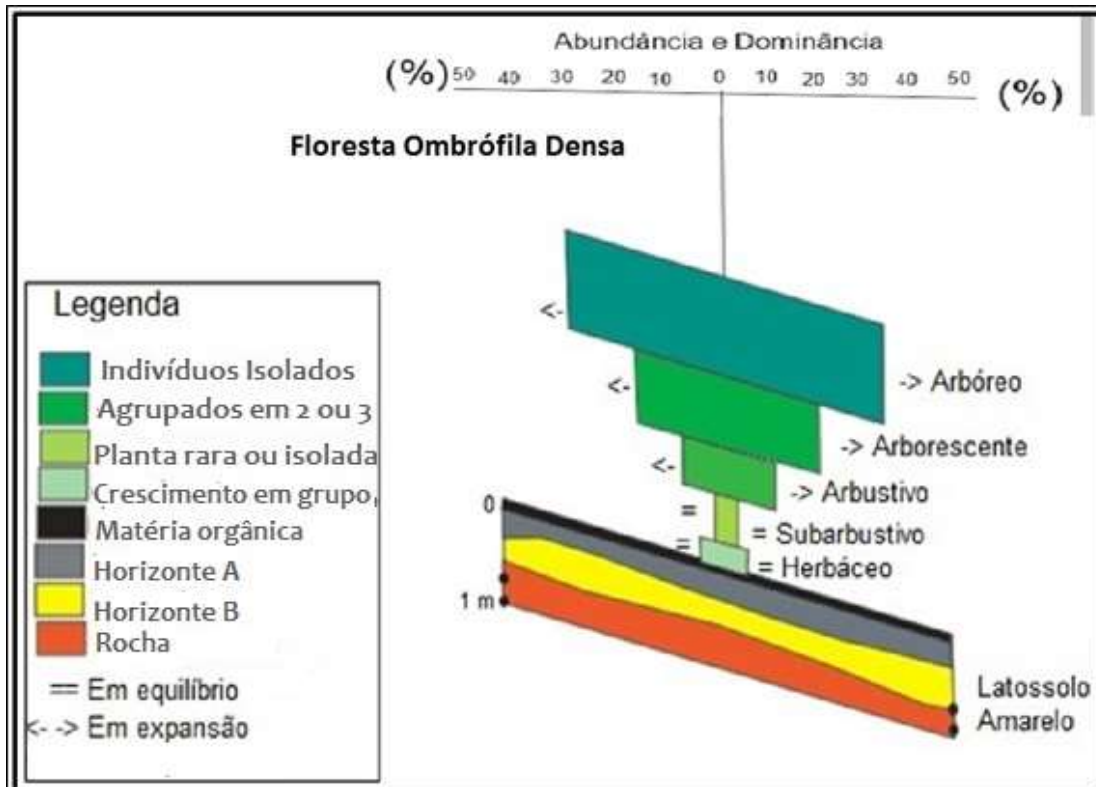


Figura 2.13 – Abundância e dominância da Floresta Ombrófila Densa na bacia hidrográfica Sanabani. Fonte: Abreu, 2015.

Por outro lado, as Campinaranas, florestas de transição ecológica ou, de acordo com AB’Saber (2000), áreas de enclave na Amazônia, são denominadas de floresta de campinas e campinaranas. Possuem uma tipologia bastante diferenciada da Floresta Ombrófila Densa, com uma vegetação mais aberta e com pouca diversidade ambiental. O tipo de solo, bastante arenoso, é uma das principais diferenças identificadas em relação à floresta Ombrófila Densa.

Segundo o IBGE (2012) esse nome, Campinarana, é sinônimo de campina e está associado ao fato de os primeiros fitogeógrafos reconhecê-la como um falso campo (em uma comparação ao bioma do Sul do Brasil), ou uma “Caatinga do rio Negro” (comparando-as ao bioma do Nordeste brasileiro), (Figura 2.14).

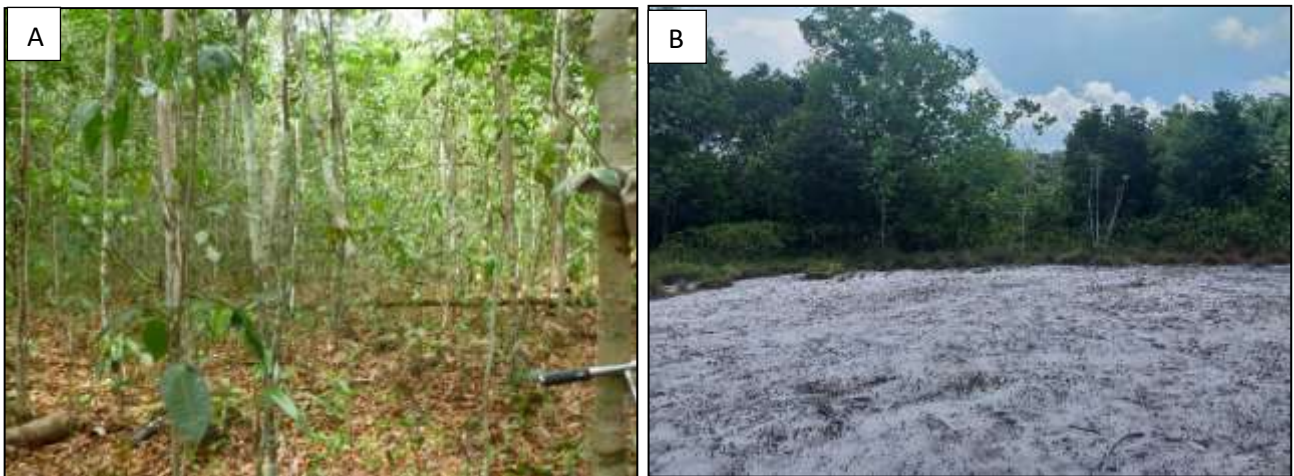


Figura 2.14 – Campinaranas na bacia hidrográfica do rio Sanabani próximo a estrada, com a vegetação em aspectos naturais (A); Campinarana próximo ao rio Sanabani com áreas de exploração do solo para a construção civil (B). Fonte: Autora.

Na Figura 2.15 é possível identificar a distribuição das Campinaranas e da floresta Ombrófila Densa dentro da bacia hidrográfica Sanabani; vale ressaltar que a imagem revela um aspecto geral e que as demais diferenças estão inseridas em outras escalas. Assim como o padrão geral da Amazônia Legal, observa-se que a predominância é da Floresta Ombrófila Densa, contudo, em alguns ambientes distribuí-se alguns vestígios das Campinaranas.

De forma curiosa, as Campinaranas concentram-se em áreas diferenciadas, algumas com padrões próximos aos rios, outras próximos as estradas. Há Campinaranas também em alguns trechos da floresta fechada, perceptíveis somente no campo de investigação.

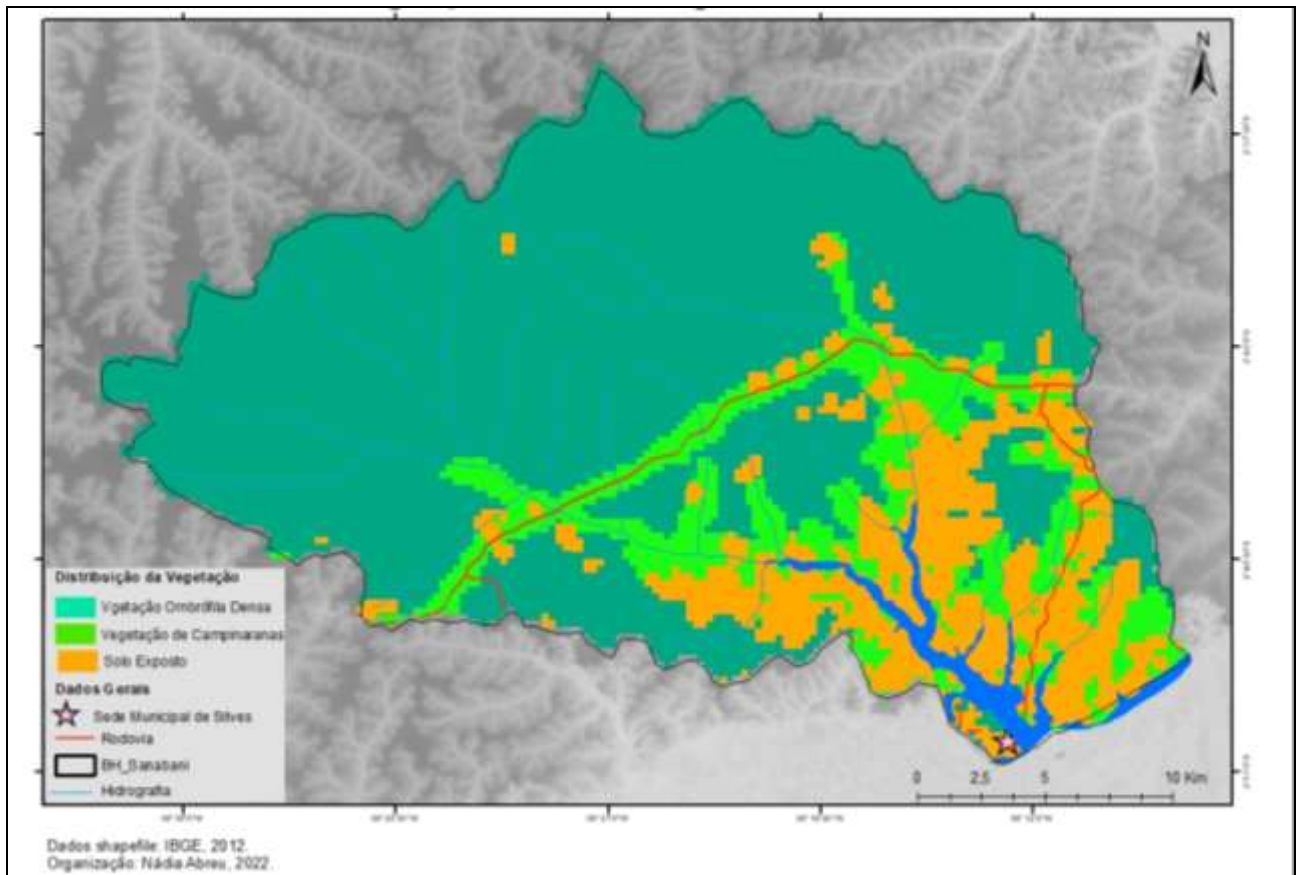


Figura 2.15 – Distribuição espacial da vegetação Ombrófila Densa e de Campinaranas na bacia hidrográfica do rio Sanabani. Fonte: RADAM-BRASIL, 1970.

Na Figura 2.16, é possível observar essas áreas de Campinaranas distribuídas em diferentes locais, extensões e inseridas sempre no contexto da Floresta Ombrófila Densa. Destaca-se sempre na caracterização das Campinaranas, a floresta aberta e o solo arenoso com uma cor branca. Tal fato desfaz a similaridade da Floresta Ombrófila Densa e sua classificação (Terra Firme, área seca não inundada da floresta; Várzea, área inundada periodicamente e Igapó, área continuamente inundada).

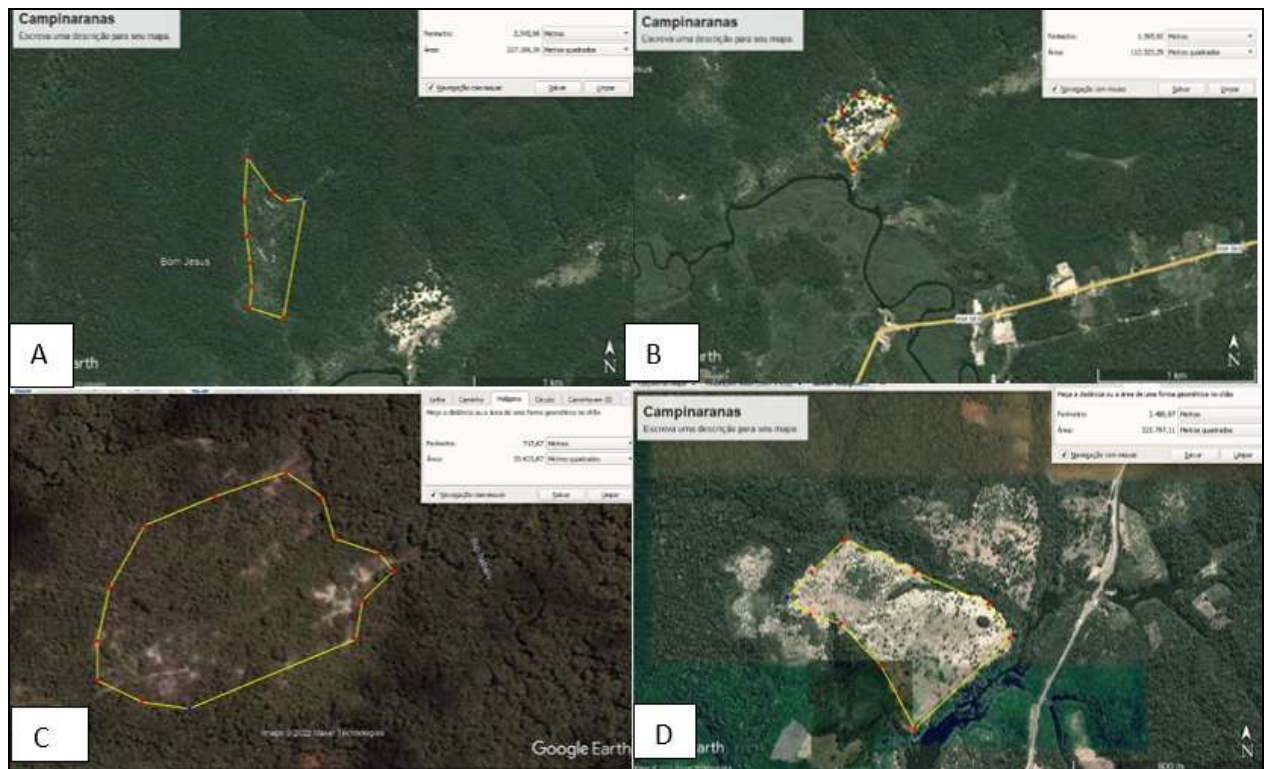


Figura 2.16 - Extensão das Campinaranas, com (aproximadamente): 227 m<sup>2</sup> (A); 112 m<sup>2</sup> (B); 33 m<sup>2</sup> (C); 325 m<sup>2</sup> (D). Fonte: Google Earth, 2022.

A abundância e dominância das Campinaranas são pouco densa e ocupam menos de 50m da copa das árvores, caracterizando seu aspecto de vetação aberta e com vegetação de pequeno porte. O solo no qual se desenvolve é arenoso, geralmente Neossolo Quartzarênico ou Espodossolo. Na Figura 2.17 há uma demonstração da distribuição da vegetação de Campinaranas, observadas em campo. Possibilitando identificar a predominância de vegetações em portes arbustivos e arbórescentes, diferentemente da Floresta Ombrófila Densa, que tem vegetações de porte arbóreo como abundante.

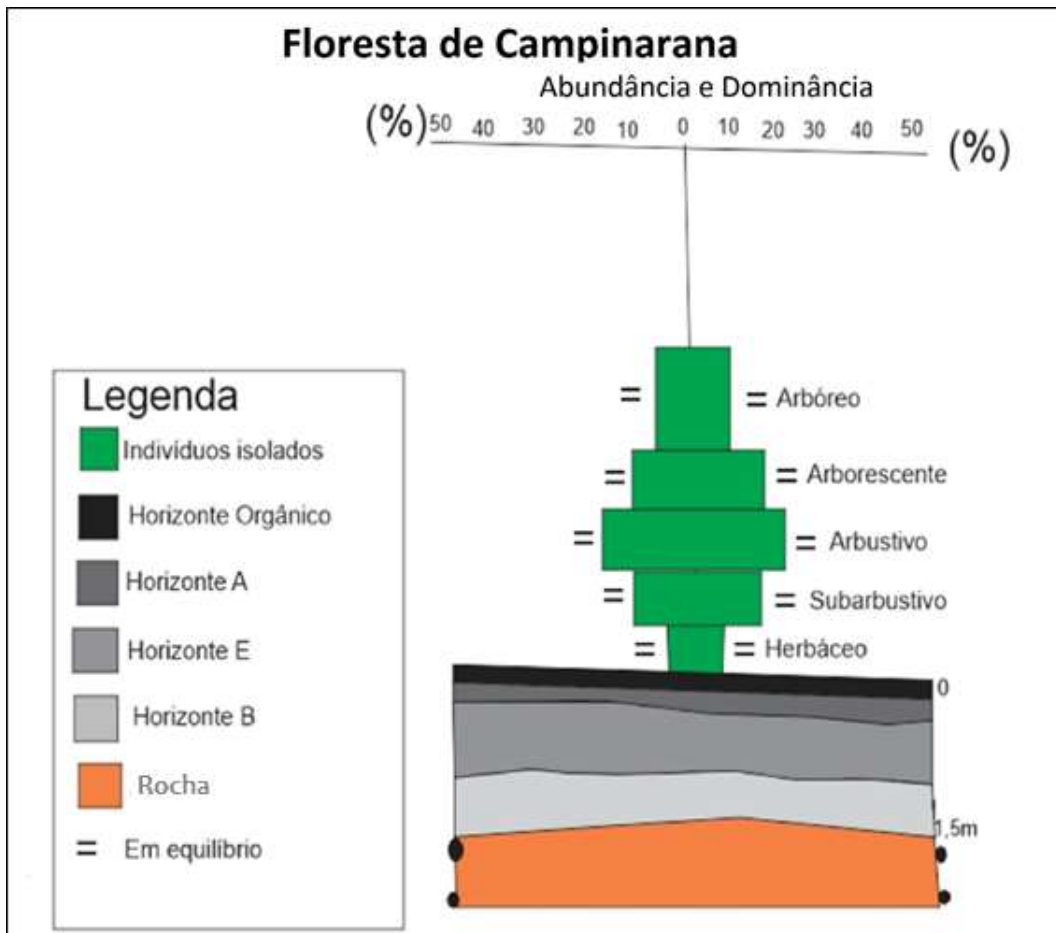
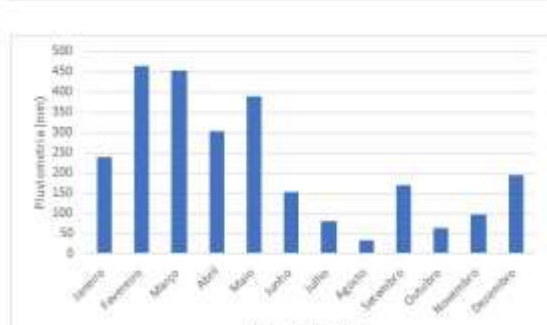
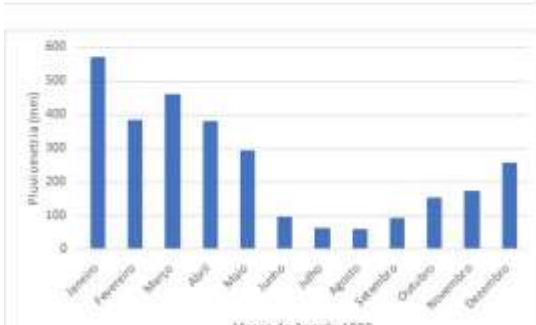
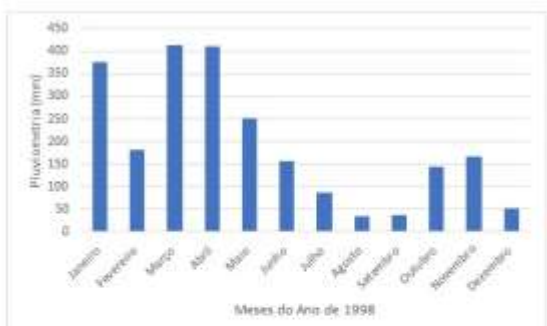
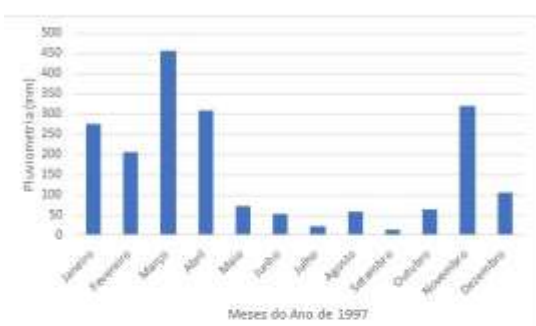
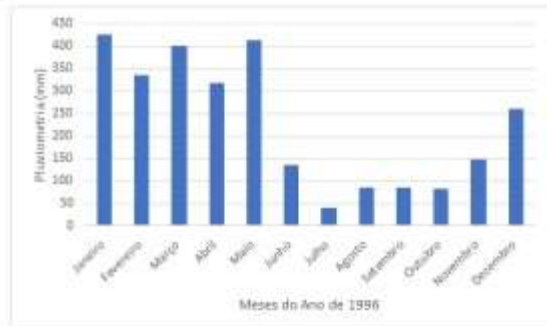
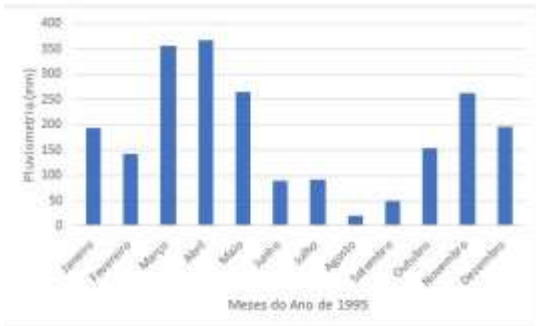
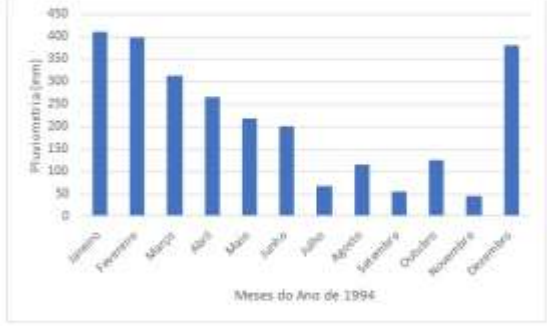
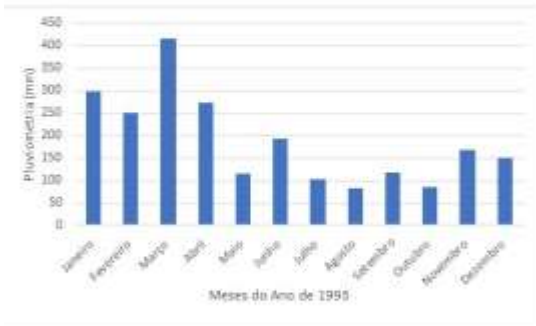
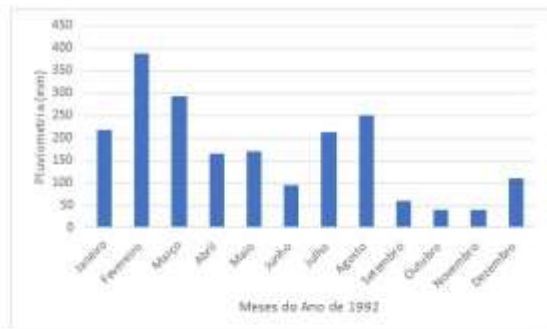
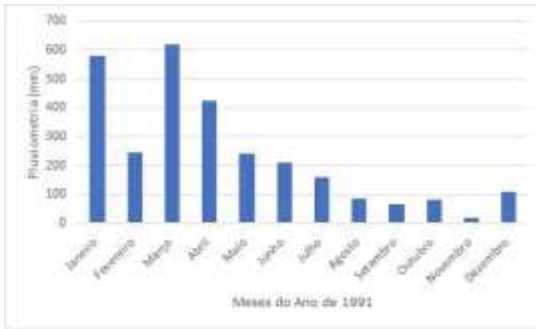
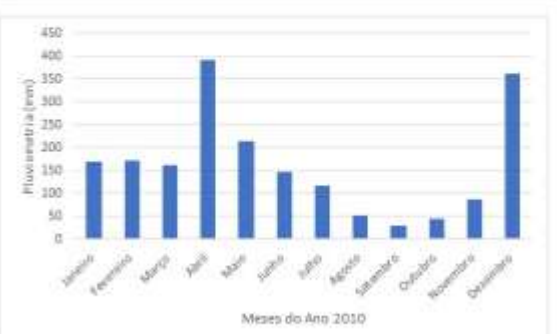
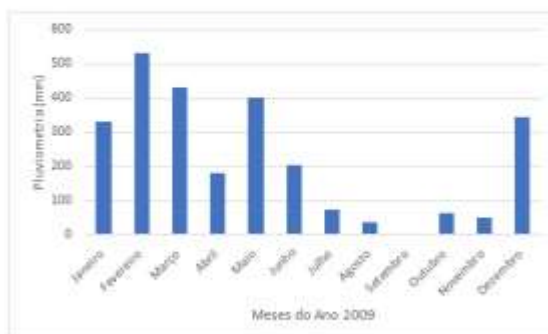
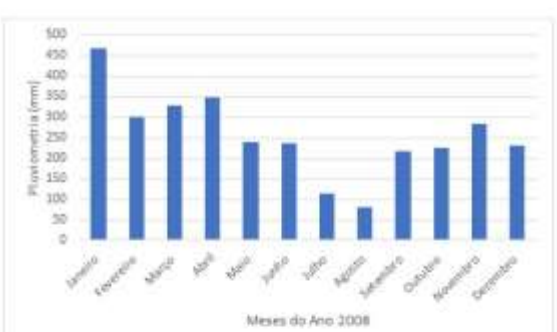
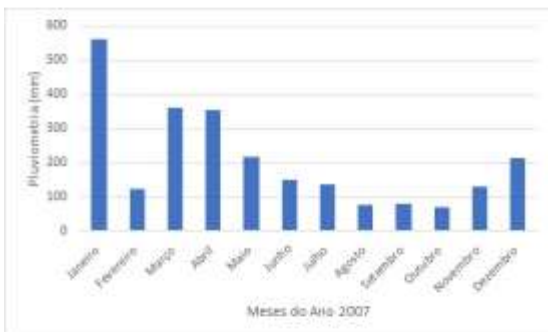
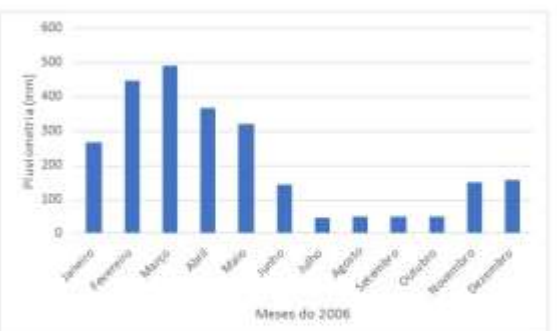
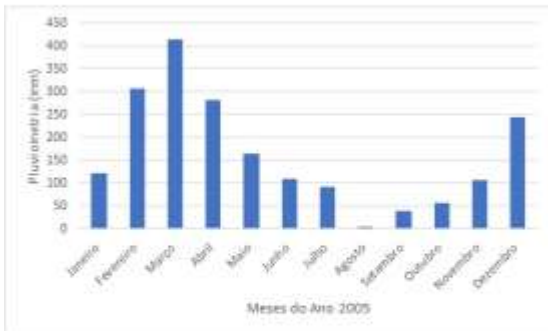
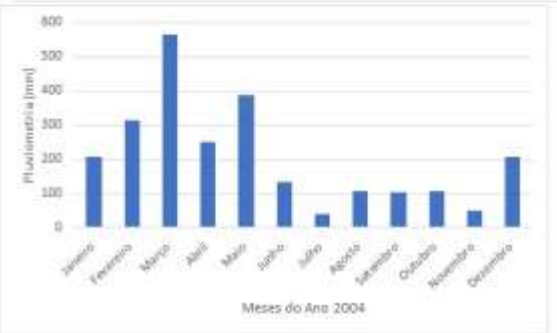
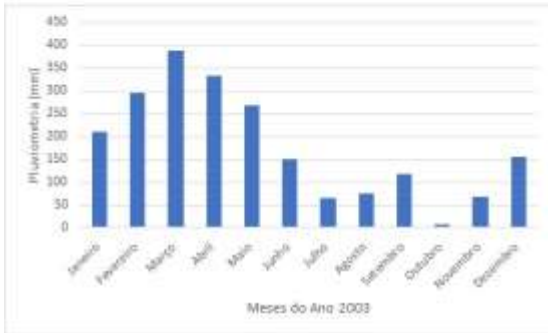
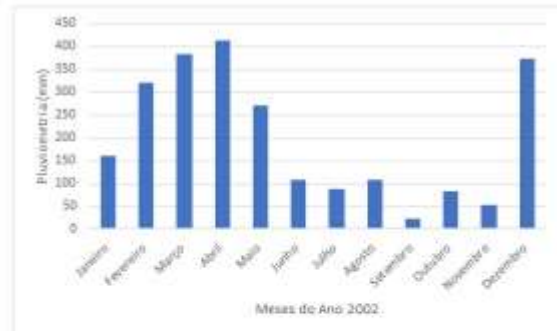
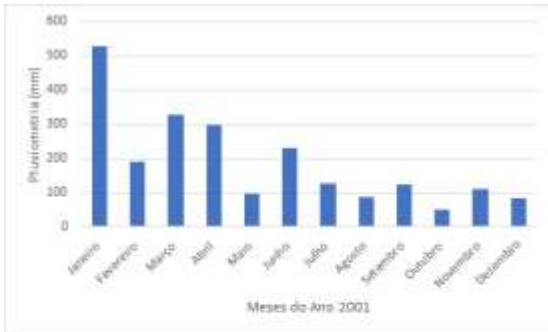


Figura 2.17 – Abundância e dominância da vegetação em área de Campinaranas. Fonte: Abreu, 2015.

## 2.6 Clima

A região encontra-se na zona tropical, por esse motivo apresenta elevados índices pluviométricos. A figura 2.18 mostra os dados de precipitação em um intervalo de quase 30 anos; apesar da variação pluviométrica ser evidente, pode-se afirmar que de janeiro a maio há os maiores volumes de chuva, e de agosto a outubro, a precipitação diminui, retornando em grande volume em dezembro, em geral, setembro e outubro revelam os menores índices pluviométricos, atingindo níveis quase nulo em 2005 e nulo em 2009. Dentre os anos verificados, 2020 foi o que obteve os padrões mais diferenciados com volume de chuva maiores. Em 2003 observou-se menores volumes de precipitação, pois enquanto 2020 o mês de outubro estava com quase 200 mm de precipitação, mas em 2003, no mesmo mês, esse valor de de menos de 10cm<sup>3</sup>. Apesar da variação, em geral, dezembro inicia os períodos chuvosos e julho o volume de chuva diminui até outubro.





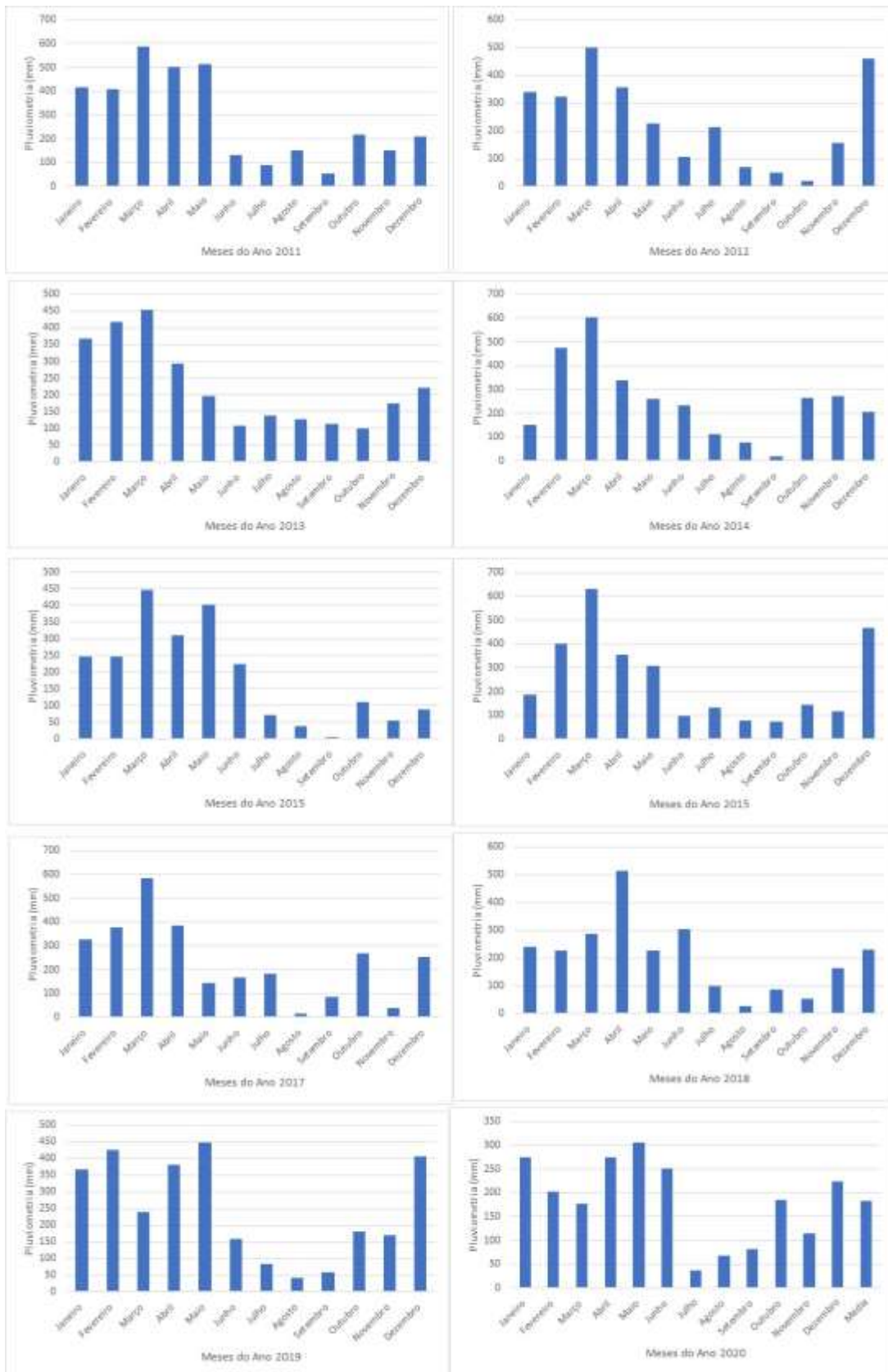


Figura 2.18 – Precipitação na estação de Itacoatiara, situada 41,5 km da bacia hidrográfica do rio Sanabani. Fonte: Inmet, 2020.

A temperatura manteve-se, durante o período de 1993 a 2020, na média de 26 °C a 28,5 °C (Figura 2.19). Observa-se que os valores de temperatura acompanham o volume de precipitação, no qual os meses mais chuvosos tem menor temperatura enquanto os meses menos chuvosos, maior temperatura.



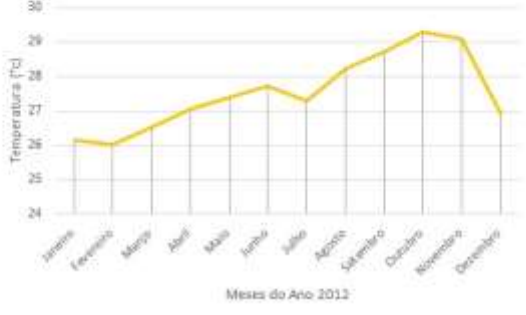
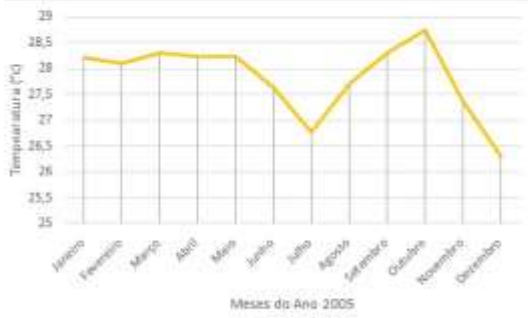
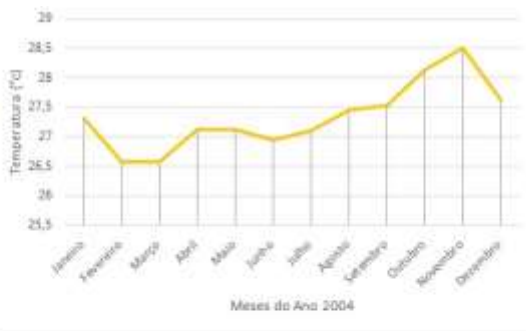
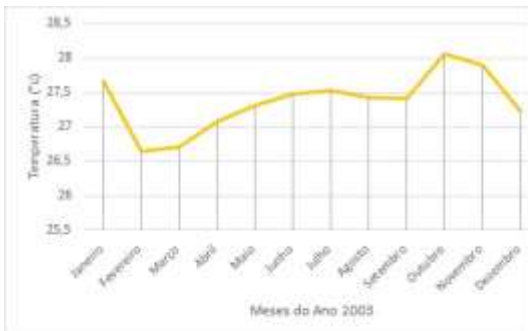
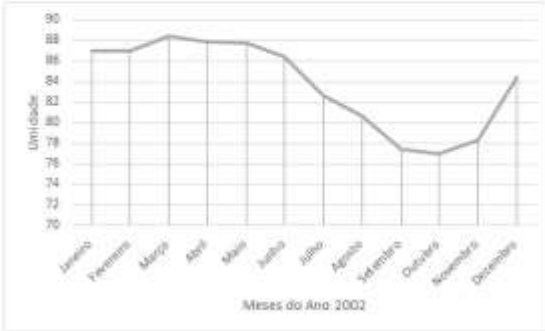
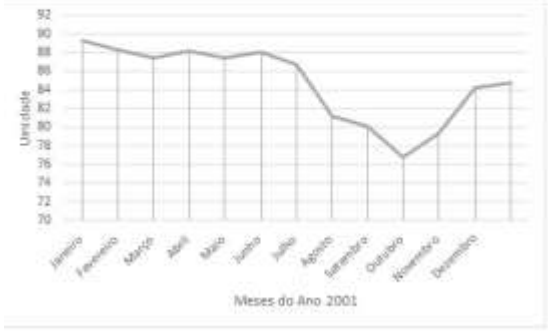
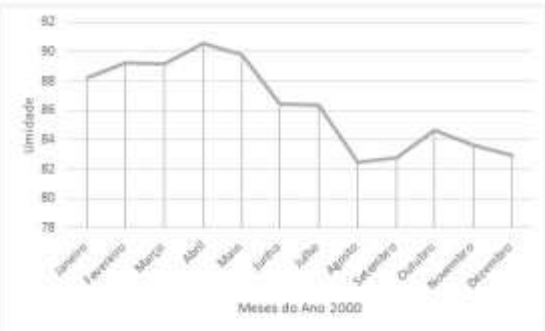
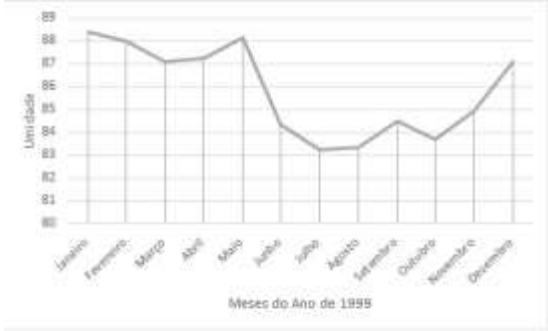
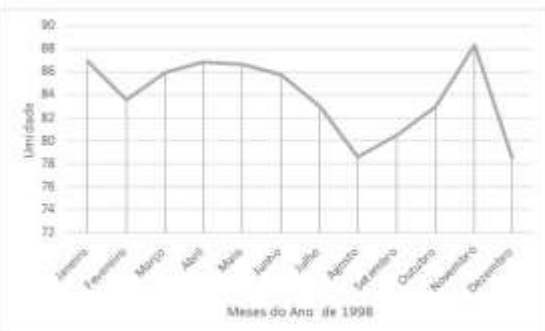
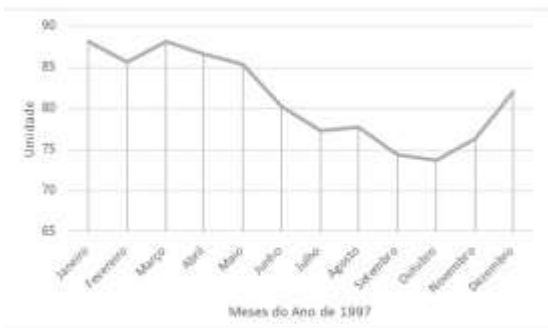
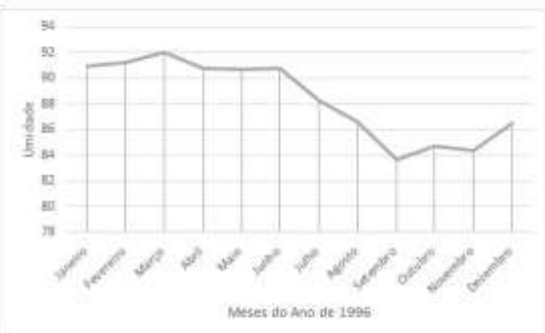
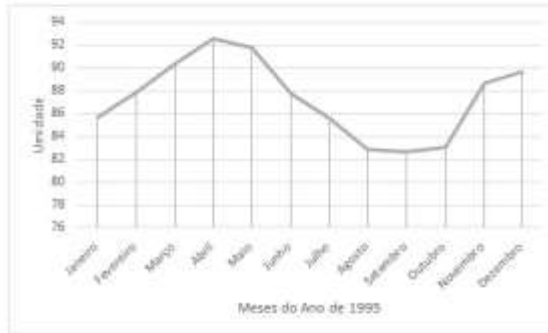
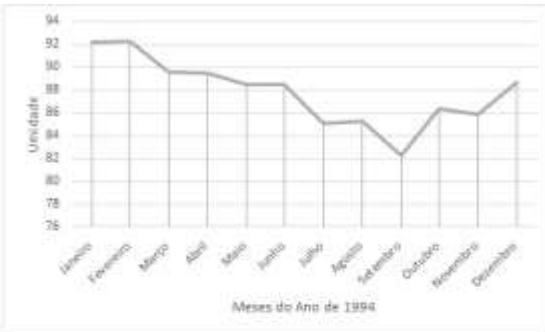
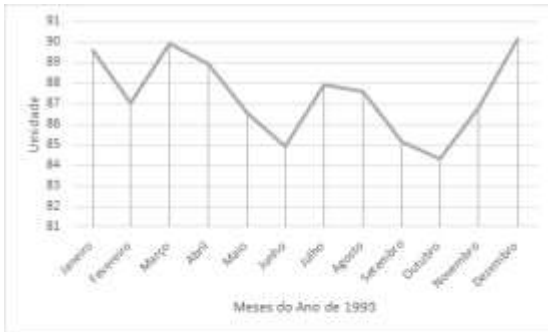
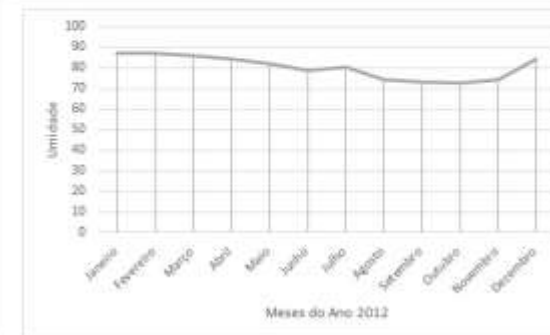
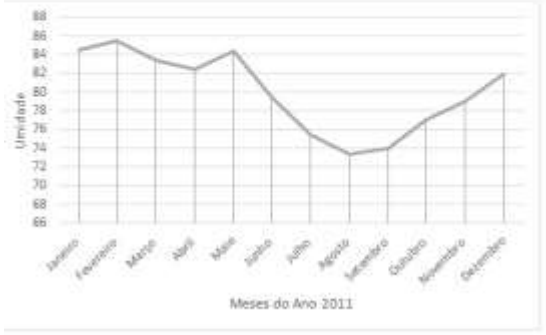
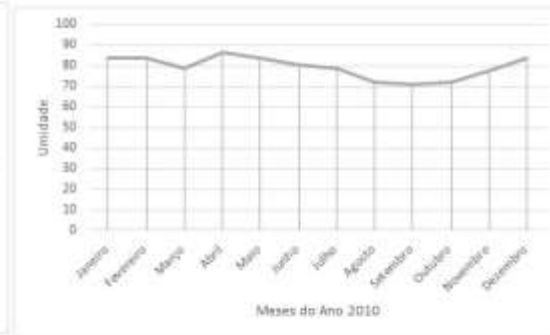
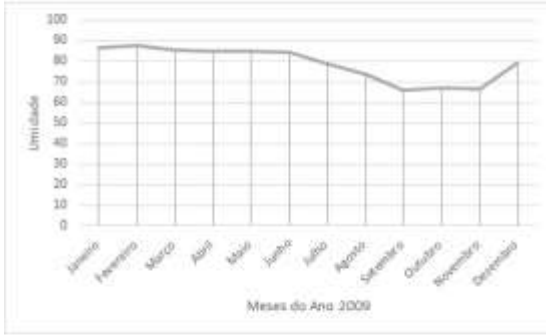
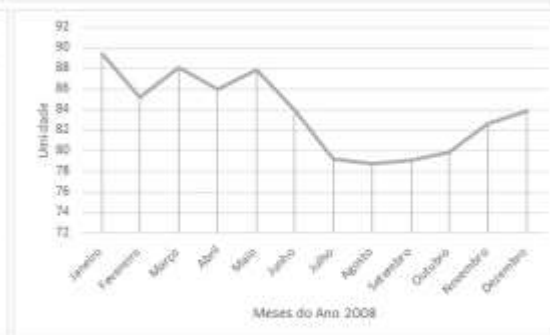
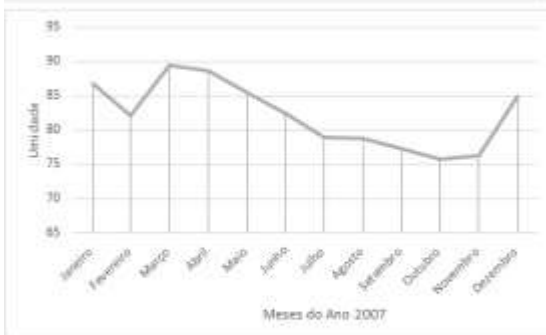
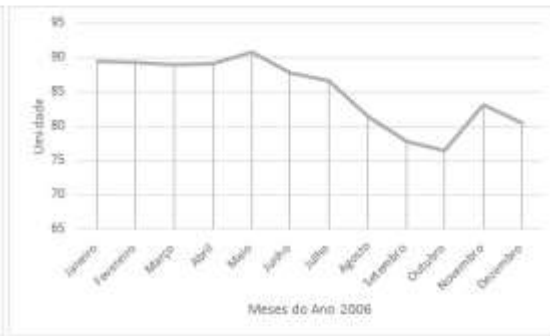
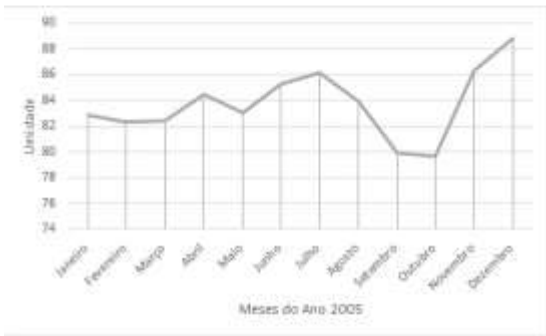
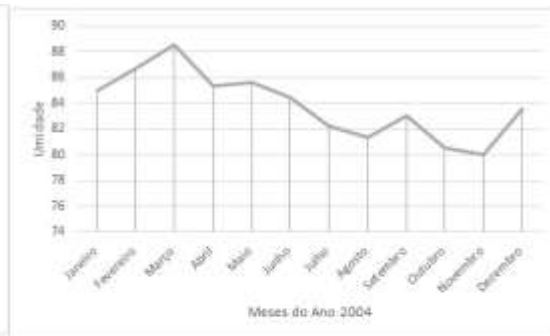
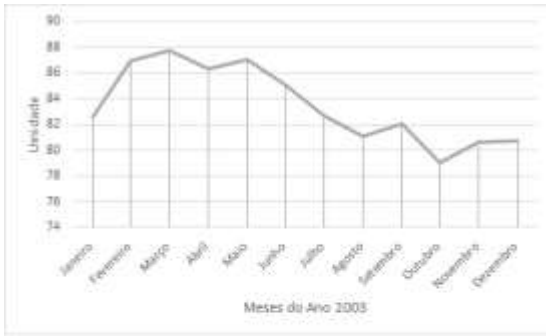




Figura 2.19 – Temperatura da estação de Itacoatiara a 41, 5 km da área de estudos. Fonte: Inmet, 2020.

A umidade do ar diminui com o aumento da temperatura e da precipitação (Figura 2.20). Os valores revelam uma máxima de 92 % de umidade e uma mínima de 72 %, mesmo em períodos de precipitação baixa, a umidade mantém-se elevada devido a região encontrar-se em um clima quente e umido de floresta tropical (Figura 2.20).





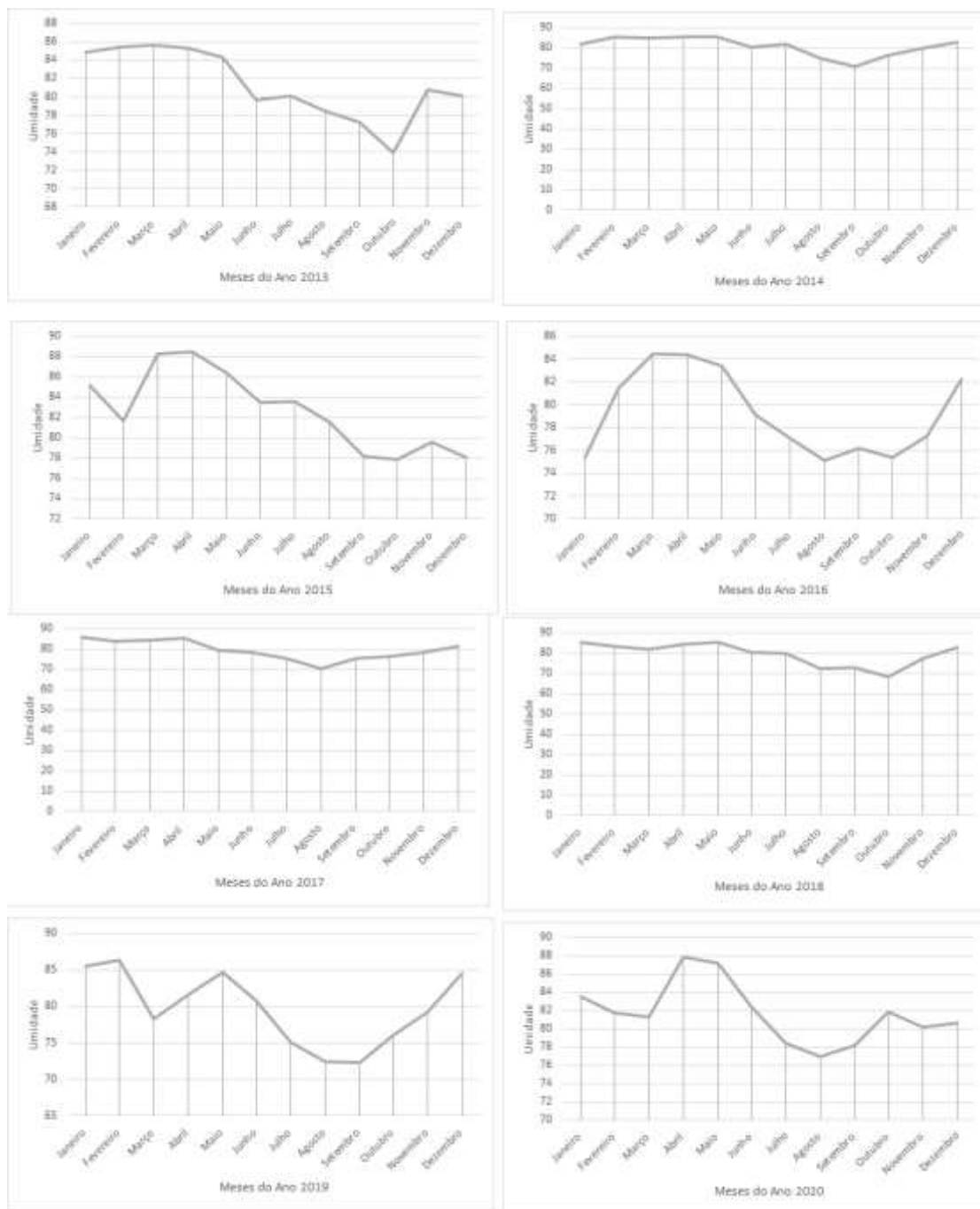


Figura 2.20 – Umidade da estação de Itacoatiara a 41,5 km da área de estudos. Fonte: Inmet, 2020.

Da figura 2.18, 2.19 e 2.20 pode ser verificada mudanças significativas de precipitação, umidade e temperatura em diferentes anos. Os meses não apresentam padrões, havendo

anos que meses chuvosos ficam com pouca intensidade de precipitação. Tais dados demonstram padrões de mudanças temporais condicionadas ao clima que consequentemente influenciam as mudanças na paisagem.

## 2.7 Hidrografia

A área de investigação encontra-se inserida na bacia hidrográfica com maior volume de escoamento do mundo, a Amazônia. Existem basicamente três tipos de águas na Amazônia; águas claras, águas escuras e águas brancas. De acordo com a cor do rio ou do canal d'água, podemos saber o tipo de material que ele transporta. Na Figura 2.21 é possível identificar, destacado em amarelo, o rio Sanabani.

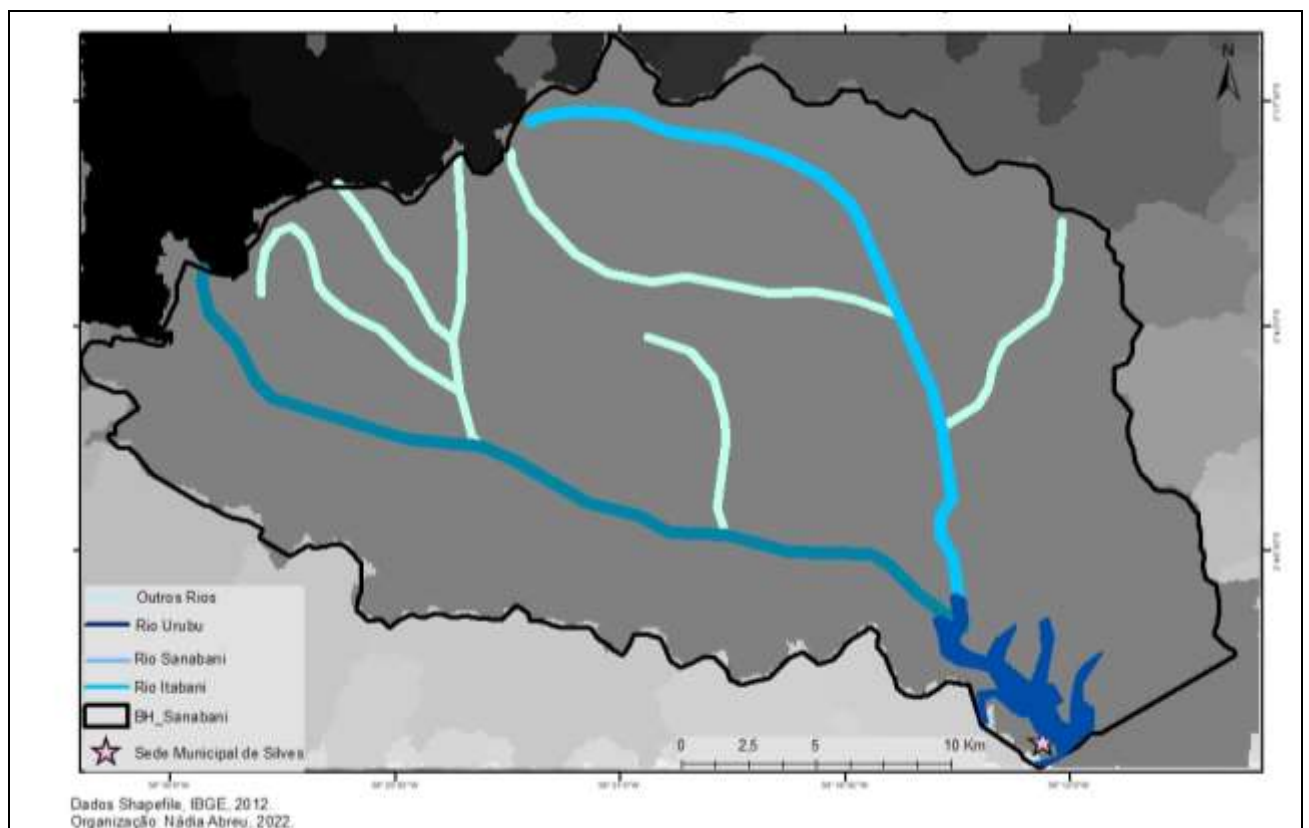


Figura 2.21 – Principais rios da bacia hidrográfica do rio Sanabani.

O rio Sanabani é afluente do rio principal, o rio Urubu. Caracteriza-se por ser um rio de águas pretas, que não transporta aluviões, à semelhança do que ocorre com o rio Negro. Tem como principal afluente o rio Itabani, que está em sua margem esquerda. Tal fato foi identificado nas análises da hidrografia onde foi possível observar que tais fluxos de água, oriundos de rios de águas escuras, não transportam muitos materiais, diferentemente dos rios amazônicos de águas barrentas. O rio Sanabani concentra grande parte das ocupações ribeirinhas e em seu entorno é possível identificar numerosas áreas de Campinaranas (Figura 2.22).



Figura 2.22 – Rio Sanabani (A); Vegetação inundada dificultando identificar as áreas de Campinaranas (B); Campinaranas em área de terra firme (sem ser inundada) e modificada pela construção civil (C).

Assim, como nos anos de 2019 e 2021, o ano de 2022 também teve alertas de cheias severas como demonstrado no mapa do boletim hidrometeorológico disponibilizado pelo Serviço Geológico do Brasil (Figura 2.23). A estação de Itacoatiara, a mais próxima do rio Sanabani, está na mesma com alerta azul, indicando enchentes acima do considerado normal para a região.

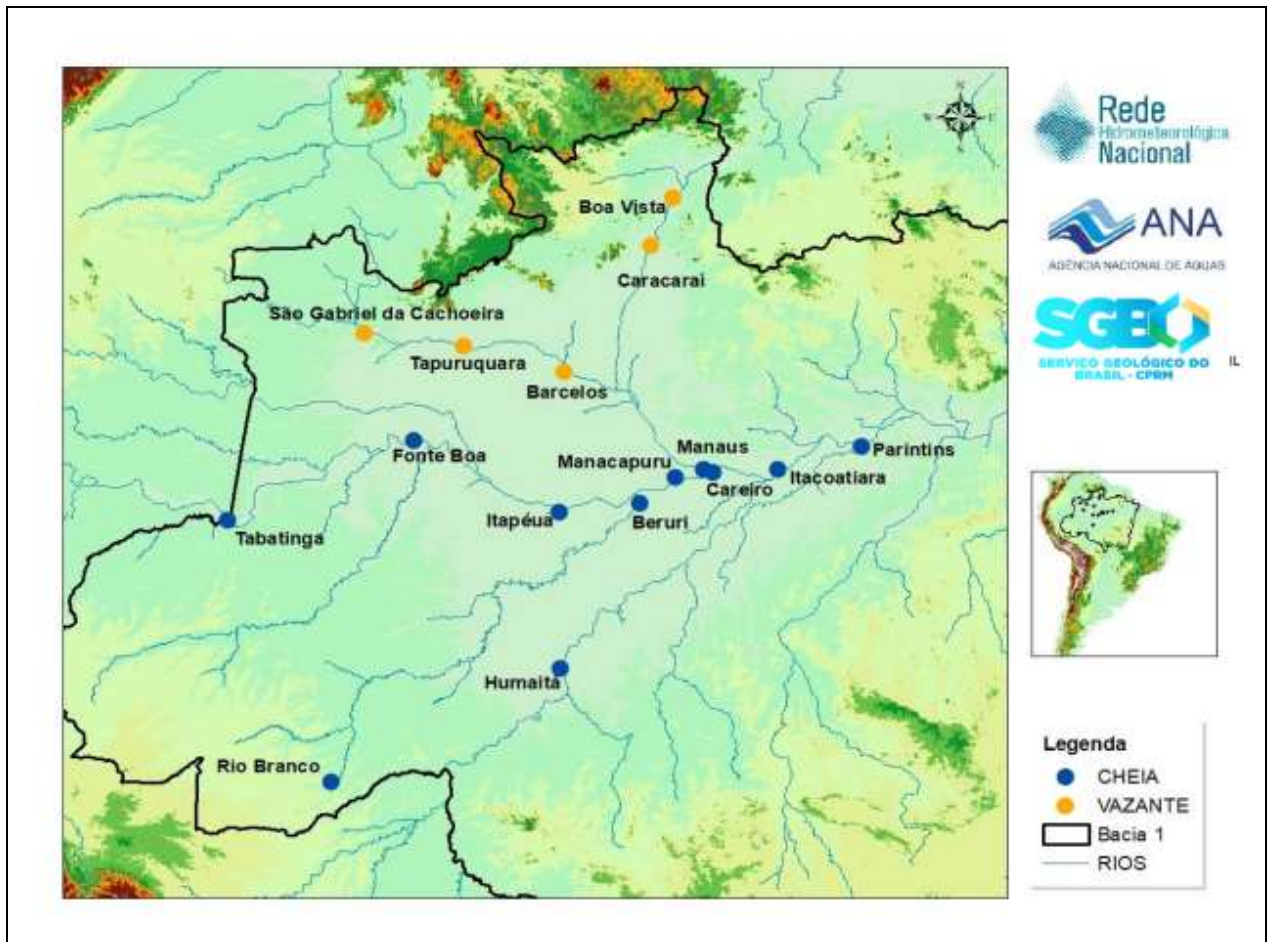


Figura 2.23 - Processos de escoamento do ano hidrológico nas principais estações da Amazônia Ocidental. Fonte: Boletim Hidrometeorológico da CPRM, 2022.

Durante as pesquisas em campo, a sazonalidade da área de estudos pode ser observada nos diferentes períodos de coleta de dados. Na Figura 2.24 demonstra-se um período de cheia, em 2019, com as árvores quase que totalmente cobertas pelo rio e em 2020, o mesmo local, totalmente seco, possibilitando ver as árvores completamente e caminhar por muitas áreas que antes estava ocupada pelo rio.

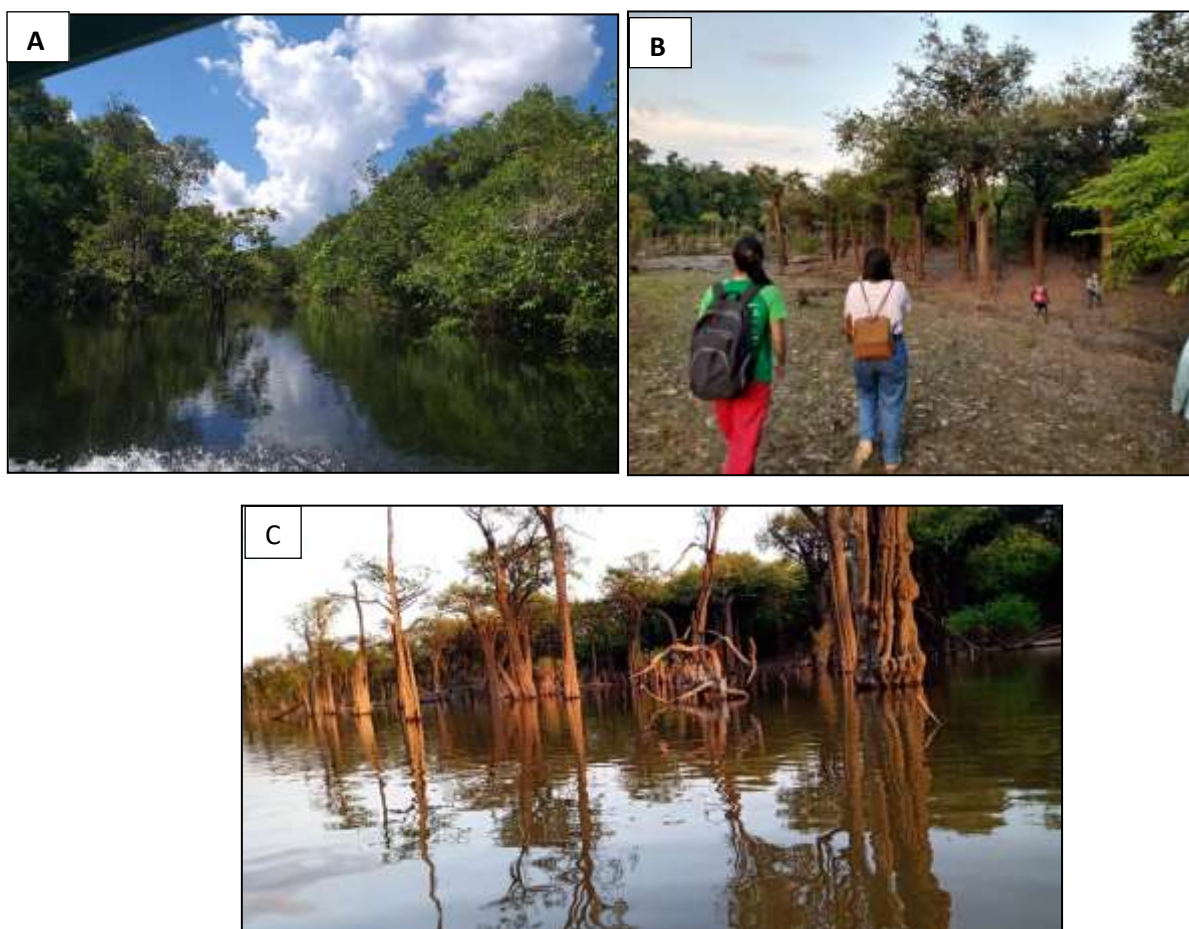


Figura 2.24 - Agosto de 2019, cheia extrema devido a elevados índices de precipitação deixando as árvores submersas (A). Outubro de 2020, vazante do rio Sanabani e árvores em terra seca (B). Em outubro de 2020, na parte mais próxima ao rio, o rio está em processo de vazante, a vegetação encontra-se parcialmente inundada (C).

## 2.8 Níveis de sustentabilidade

Segundo os recentes estudos (Abreu, 2016), apesar das áreas degradadas, a bacia hidrográfica do rio Sanabani, devido sua dimensão espacial, está em um nível ambiental sustentável. No entanto, há desequilíbrio na área próxima à estrada, com presença de solo descoberto e processos de erosão hídrica.

Pesquisas anteriores (Abreu, 2013; Dias, 2013), nas estradas da AM-363 e AM-330, revelam que a área possui movimentos de massa (translacional de queda em bloco) e incisões erosivas tais como: sulcos, ravinas e voçorocas (Figura 2.25).



Figura 2.25 – Trecho da estrada interditado devido a presença de voçoroca (A); Movimento de massa (B); Voçoroca próximo a estrada (C). Fonte: Autora, 2020.

Em uma pesquisa de campo realizada em 2015, foram identificadas 22 voçorocas distribuídas na área da bacia hidrográfica Sanabani (Abreu, 2015). Todas as voçorocas da pesquisa estão próximas a estradas e ocorrem de forma predominante em área de Latossolo Amarelo (Figura 2.26).

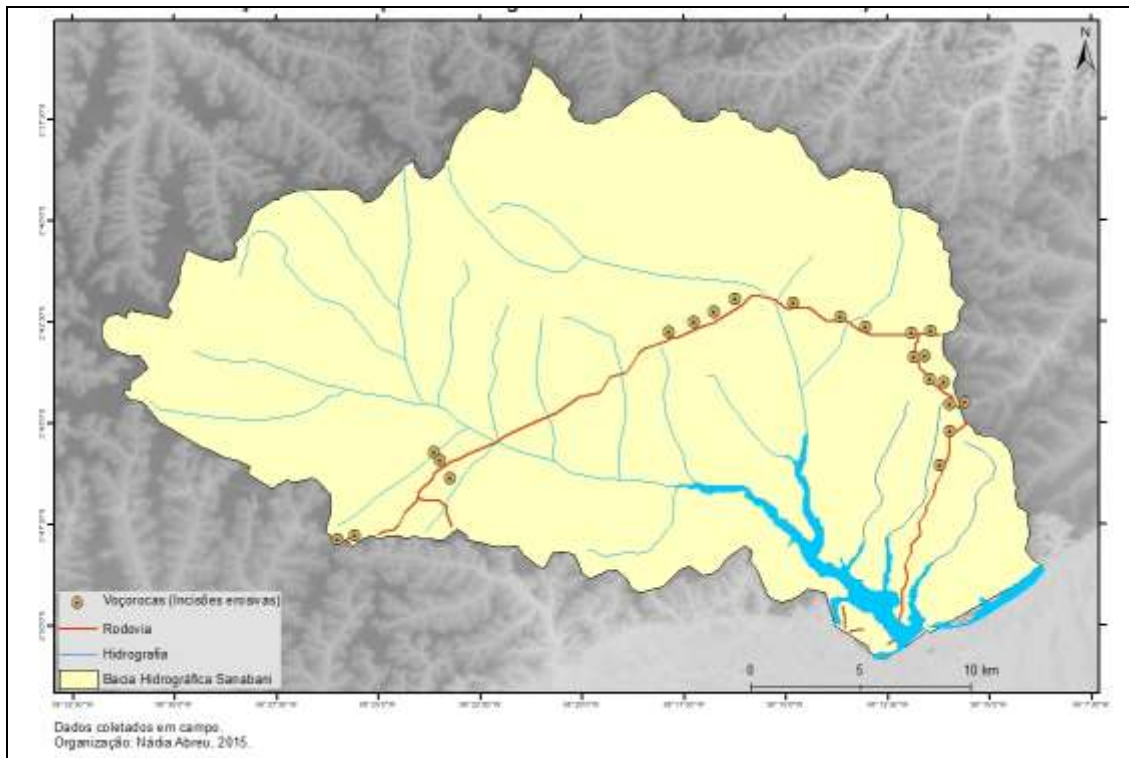


Figura 2.26 – Voçorocas na bacia hidrográfica do rio Sanabani. Fonte: Abreu, 2015.

Observou-se, por imagens de satélites, a partir da contabilização de diferentes períodos de solo exposto, que esses valores intensificaram-se com o passar dos anos. Enquanto em 1987 havia cerca de 21 km<sup>2</sup> de solo exposto, em 2017 obteve-se 75,813 km<sup>2</sup> de solo exposto (Figura 2.27).

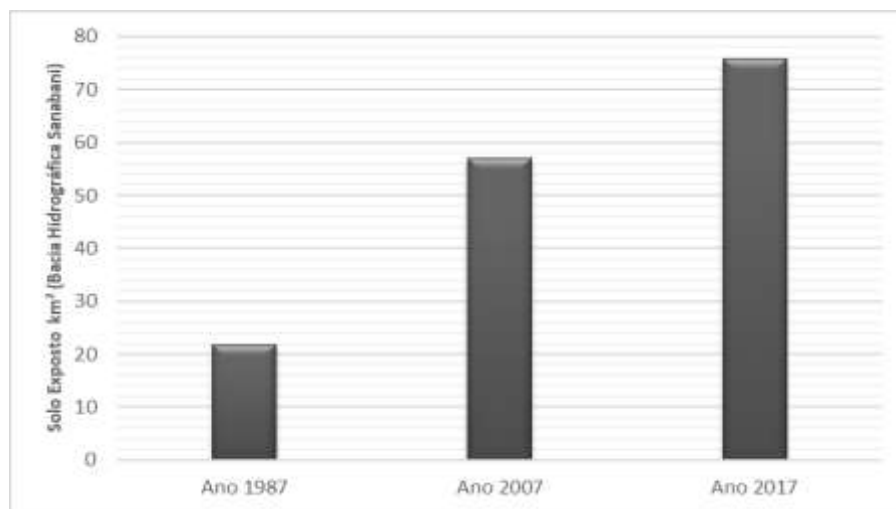


Figura 2.27 – Solo exposto na área da bacia hidrográfica do rio Sanabani nos anos 1987, 2007 e 2017. Fonte: Autora, 2022.

O início do desflorestamento em 1987 iniciou-se próximo aos rios. As manchas de solo exposto se concentraram em todas as margens do rio Sanabani e Itabani, contudo, grande parte da bacia hidrográfica estava com vegetação (Figura 2.28).

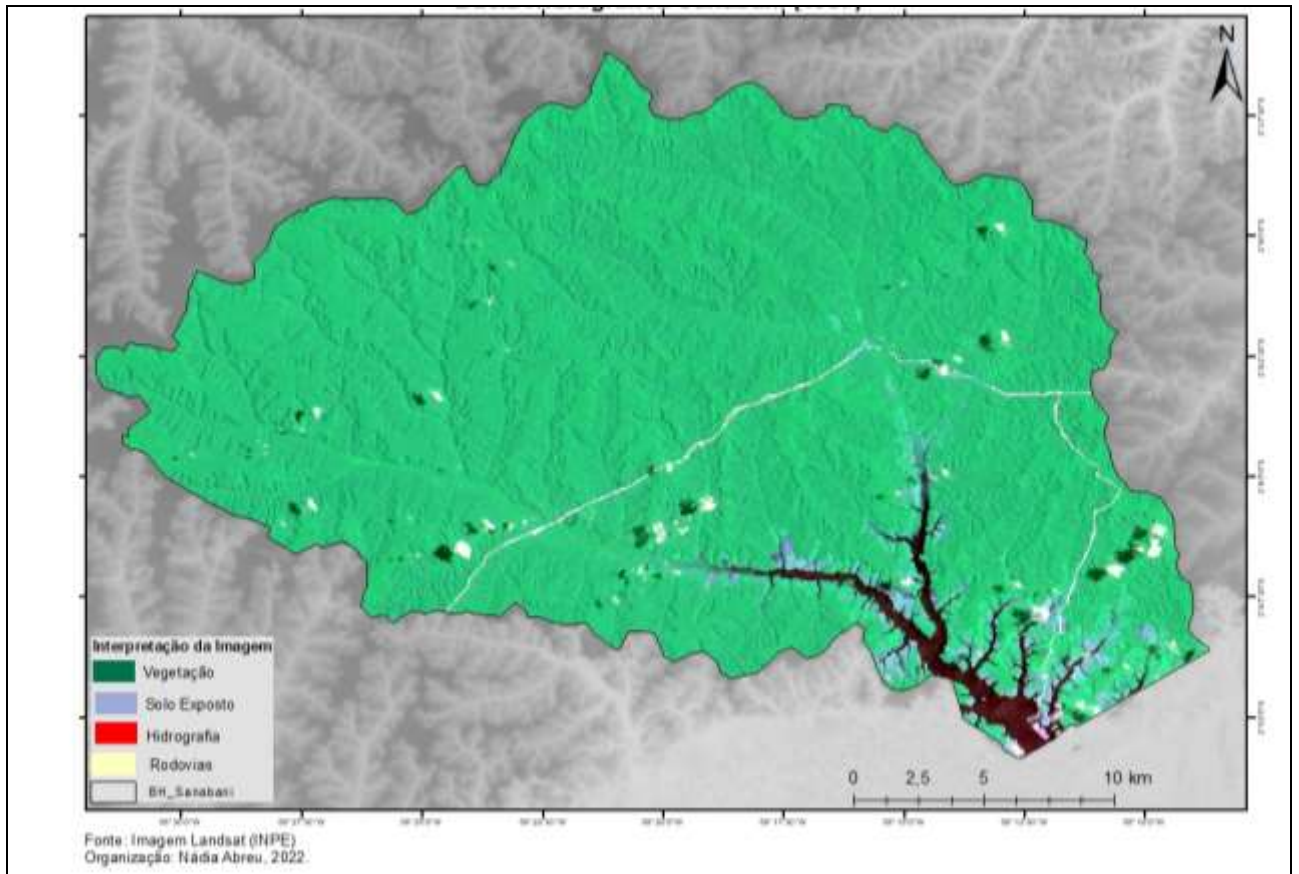


Figura 2.28 – Ocupação do solo com base na Imagem Landsat de 1987.

Na imagem do ano 2017 (Figura 2.29), observa-se uma densa área com solo exposto que expandiu para além da margem dos rios (representado pela cor rosa). Contudo, o nível do rio estava baixo, revelando assim que o regime do rio influencia a contabilidade das áreas com solo exposto. Infelizmente, devido a quantidade de nuvens nas imagens mais recentes, o ano de 2017 é a percepção espacial mais recente que disponibiliza uma qualidade de percepção da área.

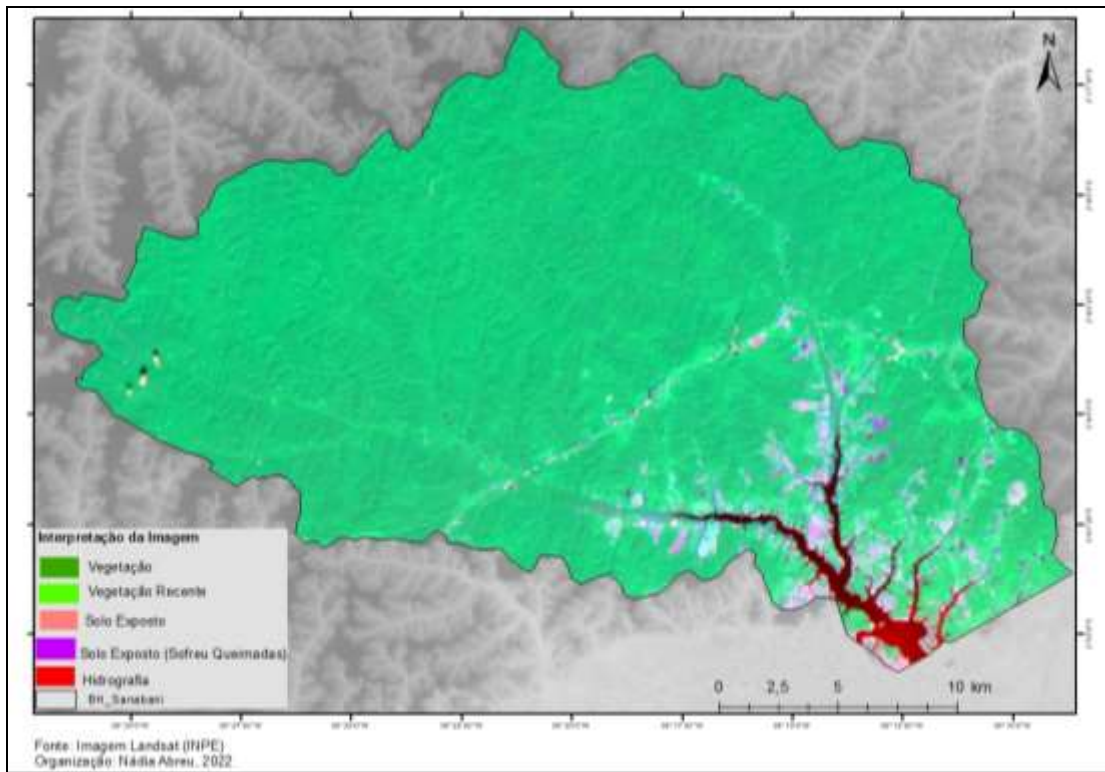


Figura 2.29 – Imagem de satélite Landsat, composição de falsa cor, de 2017, que possibilita uma interpretação geral dos aspectos físicos da bacia hidrográfica Sanabani: floresta nativa a verde; solo exposto a rosa; área fluvial a vermelho.

As principais atividades em solo exposto são criação de gado e cultivo de terra. Foi identificado que, após o desmate, há o costume de queimar, após o desmate, a vegetação restante, para preparar a área para a plantação. Na Figura 2.30 é possível identificar as principais atividades de origem antrópica na área de investigação.

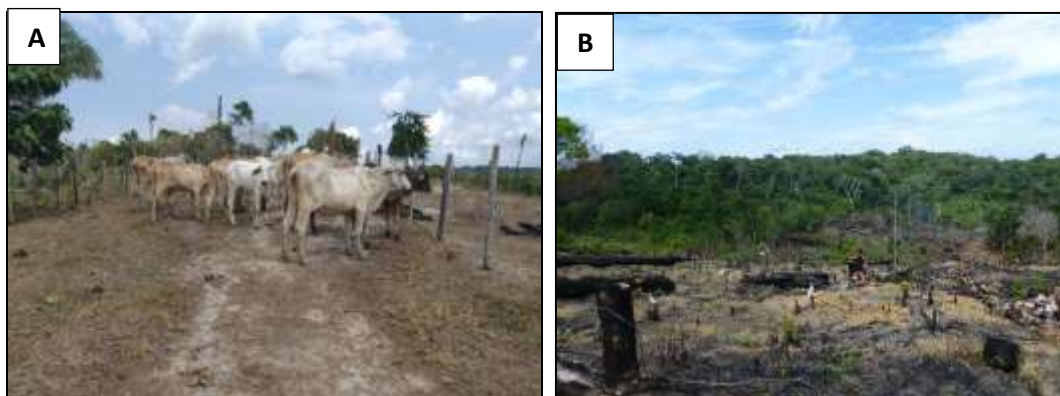


Figura 2.30 – Criação de gado (A); Desmate e queimada (B). Fonte: Autora, 2020.

Em um contexto de diversos anos, identifica-se uma forte presença de mudanças de origem natural (sazonalidade do rio, precipitação), há claramente, uma frequência de alterações antrópicas, observadas desde atividades de cunho arqueológico (Simões e Machado, 1987; Mello e Barros, 2001), como atuais (queimadas, desmates, plantações, ocupações sazonais, construção civil, processos erosivos). Sem dúvida, todos esses fatores (naturais e antrópicos) tem contribuído para formar paisagens diferentes, sazonais e dinâmicas na área de investigação. Assim, evidencia-se que compreender a resiliência ecológica é essencial, uma vez que esse fator é o que torna o desequilíbrio em equilíbrio, dando a paisagem alterada a configuração possível, dentro dos limites e da natureza da intervenção.

### 2.8.1 Principais atividades antrópicas na bacia hidrográfica Sanabani

Nas áreas de floresta Ombrófila Densa percebe-se a constante transformação pelo desflorestamento, tal como evidenciado nas imagens, mas as áreas de Campinaranas também podem sofrer mais alterações devido a alguns usos.

Na área de estudo foram identificadas duas intervenções principais que estão modificando as Campinaranas: a criação bovina e o uso da areia para construção civil (Figura 2.31). Essas atividades têm sido uma nova fonte de renda para os moradores locais e algumas empresas.

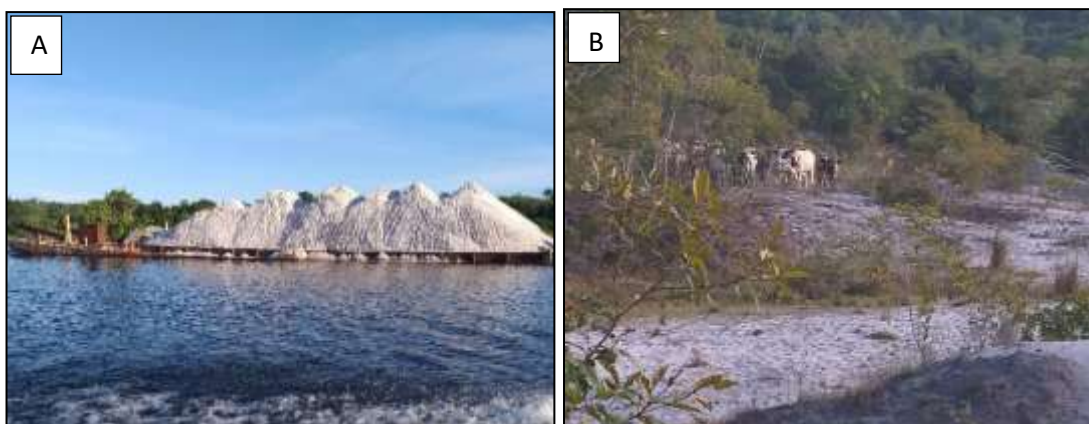


Figura 2.31 – Extração de areia em área de Campinaranas destinado a construção civil (A); Pecuária em Campinaranas (B).

Em toda a área florestal, tanto em Campinaranas quanto em Floresta Ombrófila Densa, são desenvolvidas diversas atividades transformadoras do meio que podem direcionar o ambiente a um novo equilíbrio de resiliência e estabilidade. Dentre essas atividades, destaca-se a extração de madeira, o cultivo com queimadas (técnica utilizada desde o início das ocupações amazônicas) e a pecuária extensiva (Figura 2.32).



Figura 2.32 – Extração de madeira em Floresta Ombrófila Densa (A); Área queimada para o plantio (B); Pecuária (C).

Além dessas atividades, observou-se que em muitas áreas da bacia hidrográfica, havia incisões erosivas do tipo voçorocas, deslizamentos de terras e assoreamento de canais. Mais precisamente, esses processos ocorrem em áreas próximas às estradas (Figura 2.33).

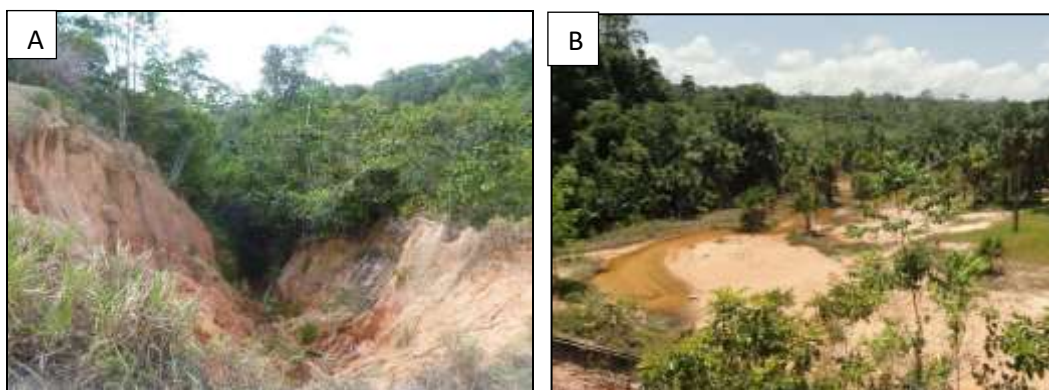


Figura 2.33 – Eventos erosivos (A); Assoreamento na bacia hidrográfica Sanabani (B).

### **3. PROCEDIMENTOS DE COMPARAÇÃO DE VARIÁVEIS ECOLÓGICAS E DE COMPREENSÃO DA RESILIÊNCIA ECOLÓGICA COM AS CAMPINARANAS**

Nesse capítulo apresenta-se as metodologias e procedimentos utilizados para compreender a origem das Campinaranas com o processo de resiliência ecológica. É identificado as áreas de coleta de amostras em campo e os procedimentos em laboratório para a comparação dos solos e vegetação. O levantamento de dados a partir da interpretação de imagens de satélite, a análise multicritério que identifica áreas susceptíveis a alterações, as classificações do ambiente realizadas de forma espacial e temporal e além de todos esses processos, aborda-se o contato com os moradores e o processo de alterações que frequentemente executam. Cada objetivo (1-Abordar as alterações ecológicas das variáveis (vegetação, solo e hidrografia); 2-Identificar a relação das florestas de campinaranas com a tendência natural da resiliência ecológica; 3 - Propor um padrão de desenvolvimento sustentável a partir dos limites da resiliência ecológica) é abordado de acordo com os procedimentos para o alcance dos resultados abordados no capítulo 4.

#### **3.1 Identificação, Análise e Sistematização das Alterações Ecológicas**

O elementos naturais são parte importante para a compreensão da dinâmica de resiliência ecológica e formação das Campinaranas, uma vez que os aspectos diferenciados da paisagem são o ponto de partida da investigação. Nesse sentido, realizou-se caracterizações de diferentes componentes naturais para compará-los e sistematizá-los quanto à origem e dinâmicas espacial e temporal.

Considerou-se os seguintes elementos naturais como principais atuantes no processo de mudança da paisagem: solo, vegetação, hidrografia, relevo e geologia. Esses elementos foram organizados de acordo com a textura do solo identificado em campo. Desse modo, foi caracterizada a estrutura da tipologia vegetal para duas diferentes áreas do ambiente de investigação, assim foram recolhidas amostras e delimitadas parcelas do solo, vegetação e rede hidrográfica; além dessas variáveis naturais, utilizou-se dados de imagens de radar para compreender a estrutura do relevo, em especial a declividade e a formação geológica. Assim, utilizou-se as variáveis solo, vegetação, hidrografia, relevo e geologia para caracterizar os ambientes com aspectos de Campinaranas e os ambientes

com aspectos de Floresta Ombrófila Densa. Após a obtenção das variáveis ambientais, as alterações ecológicas resultantes da modificação das variáveis espaciais (solo, vegetação, hidrografia e relevo) foram analisadas e compreendidas a partir de comparação entre as variáveis em áreas de Campinaranas e áreas de Ombrófila Densa. Além das variáveis ecológicas, as comparações também utilizaram níveis das intervenções humanas nesses ambientes, criando a variável antrópica que auxiliou na compreensão da dinâmica não natural das alterações nesses ambientes.

As áreas de coleta foram selecionadas dentro das possibilidades que o ambiente permitiria a entrada humana em segurança (Figura 3.1). Dessa forma, procurou-se selecionar pontos próximos à rede hidrográfica e às rodovias, totalizando 15 pontos de coleta. As áreas de coleta foram selecionadas de acordo com os padrões necessários para a análise comparativa pretendida, dessa forma, foram selecionados pontos em Campinaranas, pontos em Floresta Ombrófila Densa e pontos em área degradada. Em um contexto geral, os pontos de Campinaranas e Ombrófila Densa foram utilizados para a compreensão desses ambientes com os de áreas alteradas, permitindo comparar ambientes equilibrados e ambientes em sistema perturbado, permitindo assim compreender as transformações ambientais e o processo de resiliência ecológica (as coordenadas de algumas áreas visitadas estão no anexo 1).

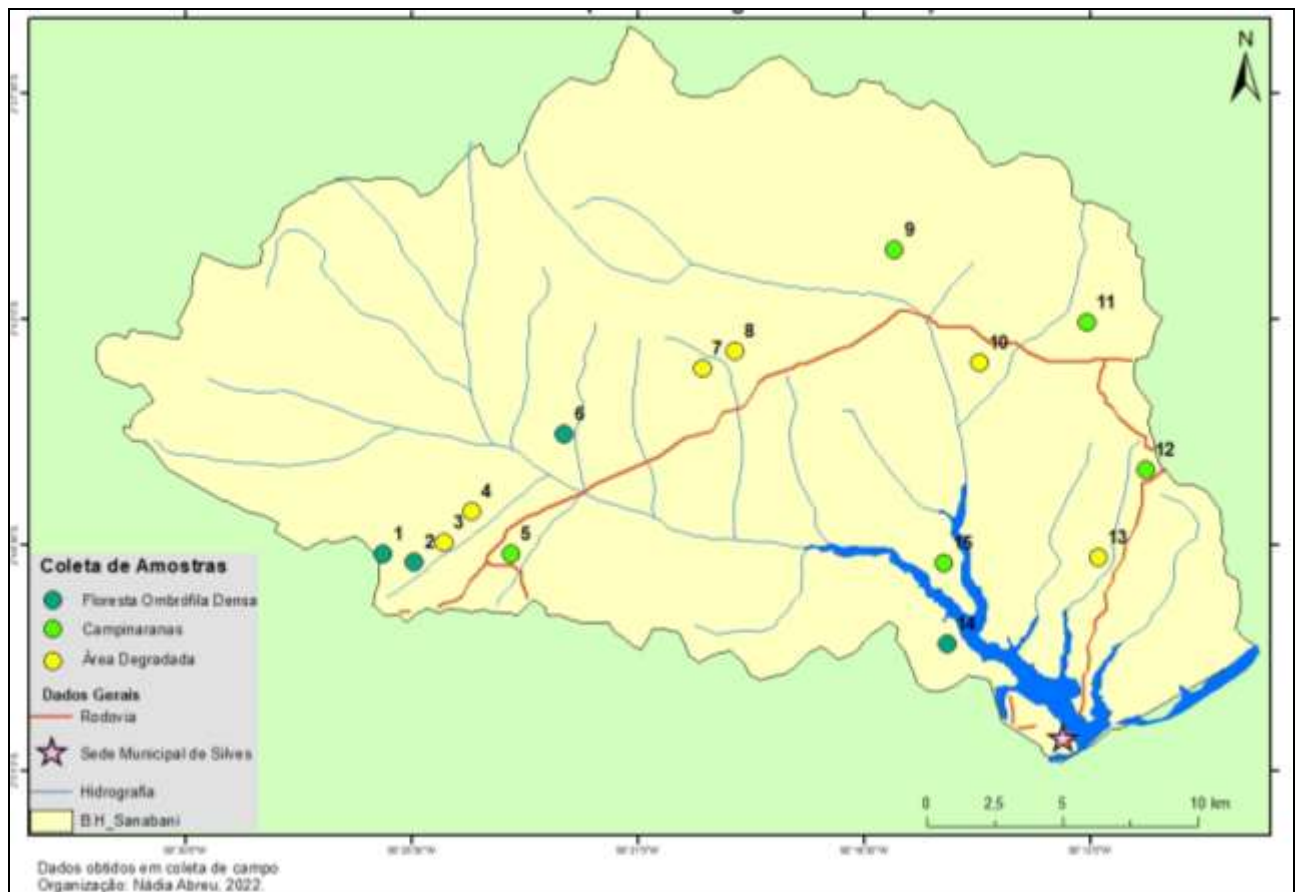


Figura 3.1 – Áreas de coleta de amostras na Bacia Hidrográfica Sanabani.

### 3.1.1 Variável Solo

Em campo foram obtidas amostras de solo e vegetação em todos os 15 pontos de amostragem, 5 desses pontos são áreas de Floresta Ombrófila Densa e 5 são áreas de Floresta de Campinaranas. As outras 5 são em áreas degradadas. Os diferentes pontos foram selecionados para possibilitar comparações e possíveis sucessões de um a outro.

A variável solo obteve uma análise detalhista. O solo foi coletado em parcelas de tamanho 10×10 m, dentro das áreas selecionadas. Foi possível coletar solo em todos os 15 pontos de amostragem. O método de coleta de solo foi por gradagem (Figura 3.2), o padrão escolhido foi uma coleta de até 1,5 m, contudo, em algumas áreas próximo a rocha ou muito compactada, a profundidade de coleta foi 1 m. Após a coleta em campo, as amostras de solo foram analisadas em laboratório, tanto em sua estrutura física (textura) quanto estrutura química (macronutrientes e micronutrientes).



Figura 3.2 - Obtenção de amostras de solo com o trado holandês. Fonte: autora, 2020.

Todos os dados foram coletados com a finalidade de compará-los em relação aos diferentes ambientes coletados (Campinaranas, Ombrófila Densa, área queimada e degradada). Assim, possibilitando compreender o equilíbrio, desequilíbrio e processo de resiliência ecológica a partir dessa variável (a ficha utilizada para caracterizar o solo está no anexo 2).

### **3.1.1.1 Análise em Laboratório**

A prática em laboratório procurou analisar as principais amostras obtidas. Para a análise física, realizou-se o tratamento de de 106 pontos de coleta, originados dos 15 pontos de pesquisas e obtidos em difentes pontos do terreno, de jusante a montante. Para a análise química, devido às dificuldades de análise e ao tempo de duração de amostras, foram selecionadas alguns pontos para a análise, sendo verificados 57 coletas.

Tanto os perfis da análise química, quanto da física, foram verificado as duas primeiras amostras, as amostras do meio do perfil e as duas últimas amostras. Para a análise física, utilizou-se o laboratório de solos do Departamento de Geografia da Universidade

Federal do Amazonas (UFAM); para análise química, as primeiras 10 amostras foram feitas no laboratório de análise de solos do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e as outras 5 amostras no laboratório de solos do Departamento de Agronomia da UFAM.

#### **3.1.1.1.1 Análise Física (Textura do Solo)**

De acordo com a EMBRAPA (1997) as amostras analisadas em laboratório devem ser secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm, a fim de se obter a Terra Fina Seca ao Ar (TFSA). Com a amostra de TFSA realiza-se os procedimentos para a análise granulométrica.

Na presente pesquisa realizou-se a análise granulométrica com o método da pipeta (EMBRAPA, 2012), tendo como procedimento para a análise: pesar 20 g de TFSA, adicionar 20 g da amostra em um béquer, inserir na amostra que está no béquer 10 ml do dispersante hexametáfosfato de sódio e 100 ml de água destilada. Após inseridos todos os elementos, misturam-se e deixam-se em repouso por 12 horas.

Finalizando o período de repouso, a amostra é transferida para o agitador elétrico *stirrer*, permanecendo por 15 minutos. Ao término dos 15 minutos, no qual a amostra é agitada, é realizado o procedimento de separação de areia, silte e argila.

O primeiro elemento a ser separado da amostra é a areia. A separação é realizada com a peneiração da areia que por ser um material mais grosseiro fica retido na peneira de 0,05 cm. Os materiais mais finos (silte e argila), conseguem passar as perfurações e são transferidos para um cilindro de 100 ml. Com o peso total da areia, o valor é lançado em uma fórmula ( $\text{Peso da Areia} \times 5$ ) para que assim possa ser obtido a porcentagem de areia na amostra de solo. Após o silte e a argila serem transferidos para o recipiente, adiciona-se água destilada no cilindro das amostras até atingir os 100 ml e realiza-se, de acordo com a lei de *Stockes* (Quadro 3.1), o procedimento para medir a temperatura dessas amostras.

Quadro 3.1- Coleta de argila de acordo com a temperatura e tempo (Metodologia da EMBRAPA)

Temperatura °C	Tempo
10	5h 11´
11	5h 03´
12	4h 55´
13	4h 47´
14	4h 39´
15	4h 33´
16	4h 26´
17	4h 20´
18	4h 12´
19	4h 06´
20	4h 00´
21	3h 54´
22	3h 48´
23	3h 43´
24	3h 38´
25	3h 33´
26	3h 28´
27	3h 24´
28	3h 19´
29	3h 15´
30	3h 10´
31	3h 07´
32	3h 03´
33	2h 58´
34	2h 55´
35	2h 52´

A partir da temperatura é definido o tempo que levará para a argila ficar em suspensão e o silte decantar (descer ao fundo do recipiente). Após decorrido o tempo estipulado pela lei de *Stokes*, é obtido com o auxílio de uma pipeta, a argila que está em suspensão no recipiente.



Figura 3.3 – Amostras de solo esperando o tempo necessário para a coleta da argila e silte.

Para a obtenção da quantidade de silte, soma-se o valor do peso da areia com o valor do peso da argila; o resultado obtido é subtraído pelo peso inicial da amostra (20 g); esse valor da subtração será o peso do silte na amostra.

Após identificar o peso da areia, silte e argila, realiza-se alguns cálculos para a obtenção da porcentagem de cada elemento. A porcentagem da areia é obtida com a seguinte fórmula:

Quadro 3.2 - Fórmulas Para Porcentagem Granulométrica

<b>Fórmula</b>	<b>Significado</b>
<b>% de areia = PA × 5</b>	PA é o peso da areia multiplicado por 5;
<b>% de argila = (PA – 0,0088) × 250</b>	Nessa fórmula, PA é peso da argila;
<b>% de silte = (% de areia + % de silte) – 100%</b>	A porcentagem do Silte é obtida a partir da soma da porcentagem de areia e de silte, o resultado da soma é subtraído de 100 %, o valor final será a porcentagem de silte.

Com a finalização dos cálculos, é obtido a porcentagem de cada elemento da amostra. Na presente pesquisa, os procedimentos para a obtenção dos valores granulométricos foram realizados para todas as 106 amostras de solo.

### 3.1.1.1.2 Análise Química do Solo

A análise consistiu em verificar alguns macronutrientes do solo (Fósforo – P, Ferro – Fe, Zinco – Zn e Manganês – Mn e Potássio – K) e os micronutrientes (Alumínio - Al, Cálcio - Ca - e Magnésio - Mg) e, além dos nutrientes, foi verificado o pH do solo. Esses nutrientes foram escolhidos pela importância na relação do solo e planta, possibilitando identificar essa interligação e comparação dos pontos de análise. A seguir encontra-se a descrição dos procedimentos utilizados em cada uma 57 amostras de solo que passaram por análise química.

#### - pH

Os valores de pH, quanto à acidez do solo, foram determinados em laboratório a partir da utilização do aparelho peagâmetro. O pH em água é um método tradicional; no Quadro 3.3 pode ser observado a classificação da acidez, de acordo com os resultados obtidos.

Quadro 3.3 - Relação do pH do solo de acordo com a EMBRAPA

pH	ESTADO DO SOLO
< 4,5	Excessivamente ácido
4,5 a 5,2	Muito ácido
5,3 a 5,8	Ácido
5,9 a 6,4	Pouco ácido
6,5 a 7,1	Praticamente neutro
7,2 a 8,0	Alcalino
≥ 8,0	Muito alcalino

Para a obtenção do pH, inicialmente pesou-se um recipiente para adicionar a amostra, no recipiente foi adicionado 10 g de solo seco e em seguida foi inserido 25 ml de água destilada. Os materiais no recipiente foram misturados com um bastão durante 1 minuto. Depois de homogeneizados, a amostra ficou em repouso por 30 minutos. Tendo

feito todo o procedimento, a amostra com água destilada foi lida no aparelho peagâmetro, fornecendo os valores. Esse procedimento foi repetido para cada amostra.

#### **- Micronutrientes do Solo**

Os micronutrientes do Solo (P, K, Fe, Zn e Mn) foram determinados com a extração de duplo ácido (método de *Melinch*). Para iniciar a análise, pesou-se 5 g de amostra de solo seco e adicionou-se 50 ml da solução extratora de duplo ácido (25 ml de Ácido Clorídrico-Hcl mais 25 ml de Ácido Sulfúrico-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, diluídos em 1L de água destilada).

Com a solução extratora de duplo ácido adicionada à amostra de solo, foi necessário homogeneizá-las, deixando-as 15 minutos no agitador de amostras. Decorrido o tempo de mistura, material da amostra foi filtrado. Com o material filtrado, foi organizado o processo para a leitura do Fósforo; dessa forma, foi adicionado:

- 5 ml da solução extratora de duplo ácido
- 1 ml de Molibdato de Amônio.
- 1 ml de ácido ascórbico ( vitamina C ).

Com todo o material necessário adicionado, agitou-se a amostra aguardando 30 minutos para fazer a leitura de fósforo. Os demais micros nutrientes (Fe, Zn e Mn) foram lidos com uma diluição de:

- 2 ml do extrato
- 8 ml de Água destilada.

Após a diluição desses líquidos, as amostras foram agitadas e lidas no aparelho leitor de nutrientes. Os valores absolutos, que servem para classificar os dados obtidos dos micronutrientes, estão representados no quadro 3.4.

Quadro 3.4 - Valores padrões dos micronutrientes do solo de acordo com a EMBRAPA

Nutriente	Muito Baixo	Baixo	Médio	Bom
P	$\leq 2,7$	2,8	5,5 - 8,0	$> 8,0$
K	$\leq 15$	16 - 40	41 > 70	$> 70$
Fe	$\leq 8$	07 - 18	19 - 30	$> 30$
Mn	$\leq 2$	03 - 05	06 - 08	$> 8$
Zn	$\leq 0,4$	0,5 - 0,9	1,0 - 1,5	$> 1,5$

### - Macronutrientes do Solo

A leitura dos macronutrientes do solo (Al, Ca e Mg) foi feito com o preparo da solução de KCl, no qual consistiu em diluir 74,55 g de KCl para 1 L de água destilada. O processo de obtenção dos nutrientes foi realizado com a pesagem de 5 g de amostra de solo seco e a adição de 50 ml da solução de KCl. Tendo adicionada a solução, a amostra é agitada por 15 minutos. Decorrido o tempo de agitação, a amostra é filtrada e após 12 horas de filtração, os nutrientes de Cálcio e Magnésio foram lidos.

O alumínio requereu maior vigor para o processo de leitura. Depois da filtração, foi pipetado 25 ml da solução do filtro, e com a amostra pipetada, foi adicionado 3 gotas de azul *Bromotimol*. Em seguida, a amostra foi titulada em uma bureta graduada de precisão, e de forma graduada, adicionou-se Hidróxido de Sódio (NaOH), até que a cor da solução modificasse. No quadro abaixo encontra-se a classificação dos valores de macronutrientes no solo.

Quadro 3.5 - Relação dos Macronutrientes do Solo de Acordo com a EMBRAPA

Nutriente	Muito Baixo	Baixo	Médio	Bom
Ca	$\leq 0,40$	0,41 - 1,20	1,21 - 2,40	$> 2,40$
Mg	$\leq 0,16$	0,16 - 0,45	0,46 - 0,90	$> 0,90$

Os valores de Alumínio possuem uma lógica de classificação diferenciada. Segundo Malavolta (1989), são determinados pelos valores do quadro 3.6:

Quadro 3.6 - Interpretação da saturação por Al (em %) de acordo com Malavolta (1989)

Teor em alumínio (%)	Interpretação
< 15	Baixo – não é prejudicial
16 – 35	Médio – levemente prejudicial
35 – 50	Alto – prejudicial
> 50	Muito alto – muito prejudicial

### 3.1.2 Variável Vegetação

A vegetação de cada ambiente foi analisada em pesquisa de campo, de acordo com o método das parcelas. Tal método é quantitativo e visa definir a vegetação em **arbórea, arborescente, arbustivo, subarbustivo e herbácea, além de identificar espécies de vegetação**. A classificação quanto à população da vegetação, e o tamanho arbóreo foi feito em 10 pontos de análise, sendo 5 em áreas de Campinaranas e 5 em áreas de Floresta Ombrófila Densa. A identificação de cada população de vegetação foi feita somente em duas áreas com Campinaranas e duas áreas com Ombrófila Densa, pois realizar a classificação da vegetação para todas as parcelas em todos os pontos de análise tornou-se inviável devido ao tempo que tal análise demanda em campo.

A classificação das espécies vegetais dentro das parcelas foi realizada por um botânico do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Além da identificação da distribuição da vegetação, do tamanho das comunidades vegetais e da identificação das espécies, foi realizada a coleta de folhas em campo, para identificação da biomassa e da capacidade carbônica da floresta. A coleta foi realizada em uma área de Floresta Ombrófila Densa e duas áreas de Campinaranas (não foi possível realizar essa análise em todas os pontos de coleta, devido à falta de recursos humanos e técnicos de pesquisas anteriores).

asNo caso da distribuição das espécies e de seu tamanho arbóreo, é possível identificar se as espécies estão em ambientes de regressão (em termos biogegáficos, é um regressão relacionada a vegetação de pequeno porte, que regressou ao estado inicial de

desenvolvimento) e expansão (atingiu níveis arbóreos e com grande cobertura de copas das árvores); de forma simples a vegetação estará em expansão, caso existam, na parcela delimitada, mais espécies de grande porte, a vegetação estará em regressão caso existam mais espécies de pequeno porte (a ficha utilizada para caracterizar a abundância da vegetação, assim como o tamanho arbóreo, está no anexo 3).

### 3.1.2.1 Classificação Arbórea e sociabilidade da vegetação

A vegetação da bacia foi analisada em pesquisa de campo a partir do método da Pirâmide. A pirâmide de vegetação é um gráfico construído a partir dos dados obtidos em campo. O resultado das pirâmides consistiu na delimitação de parcelas que estatisticamente delimitam algumas espécies de vegetação para classificar o ambiente como um todo de acordo com o estrato da vegetação, em **arbórea**, **subarbustiva**, **arbustiva** e **herbácea**.

O tamanho das parcelas foi 10×10 m, onde se classificou em cada parcela o porte arbóreo dessas vegetações. A parcela foi delimitada em todos os pontos de Floresta Ombrófila Densa e Campinarana (Quadro 3.7).

Quadro 3.7 - Estrato da vegetação de acordo com Bertrand (1966)

Estrato	Tamanho (metros)
Arbóreo	≥ 10
Arborescente	5 a 10
Arbustivo	3 a 5
Subarbustivo	1 a 3
Herbáceo	< 1

Após definido, em campo, o estrato da vegetação, foi realizada uma análise estatística que consiste em contar, em campo, os estratos e observar a sociabilidade dos indivíduos, ou seja, a forma como cada espécie se relaciona dentro daquele perímetro de observação (Quadro 3.8).

Quadro 3.8 - Sociabilidade da vegetação de acordo com Bertrand (1966).

<b>Sociabilidade</b>	<b>Grupo</b>
População contínua e manchas densas	A
Crescimento em pequenas colônias e manchas densas pouco extensas	B
Crescimento em grupos	C
<b>Agrupados em 2 ou 3</b>	D
Indivíduos isolados	E
Planta rara ou isolada	F

Em seguida, foi quantificada a abundância ou dominância em relação à cobertura da copa dessa vegetação, de acordo com a densidade identificada em campo (Quadro 3.9). Essa abundância ou dominância está interligada com a abrangência com que a copa das árvores cobre a parcela.

Quadro 3.9 - Abundância e dominância da vegetação de acordo com Bertrand (1966).

<b>Abundância e Dominância</b>	<b>Grupo</b>
Cobrindo 75 a 100 %	1
Cobrindo 50 a 75 %	2
Cobrindo 25 a 50 %	3
Cobrindo 10 a 25 %	4
Planta abundante, porém com valor de cobertura baixo, não superando a 10 %	5
Alguns raros exemplares	6

Com esse procedimento foi possível compreender, em campo, se a vegetação se encontra em regressão ou expansão. Em termos práticos, a regressão seria árvores de grande porte, mas com pouca vegetação rasteira, e a expansão seria um ambiente com grande comunidade de vegetação de pequeno porte.

### 3.2.1.2 Contabilização da biomassa e Carbono

Para a variável vegetação foi realizado o cálculo de biomassa e concentração de carbono. Esse método consistiu na obtenção de amostras de folhas secas em campo (serrapilheira), em uma parcela  $1 \times 1$  m, tal como realizado por Luizão et al (2003), obteve-se amostras em 3 diferentes níveis (vale, vertente e platô). Após a obtenção das folhas, elas foram pesadas e em seguida secas em estufa por 36 horas. Após secas, foram pesadas novamente (Figura 3.4).

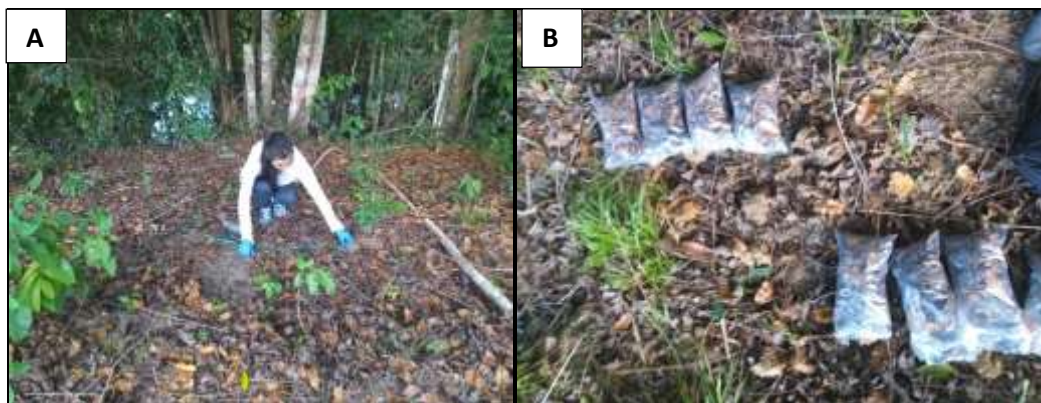


Figura 3.4 - Em (A) delimitação da área para obtenção de folhas e cálculo da biomassa e carbono. Em (B) as folhas coletadas prontas para serem colocadas na estufa.

A diferença do peso inicial e final permitiu identificar a quantidade de carbono em toda a área; na estufa, a biomassa foi eliminada, restando a quantidade de carbono para uma área de floresta de  $1 \times 1$  m. O resultado final do peso é dividido por 0,25, o resultado é em gramas multiplica-se por 0,01 para obtê-lo em toneladas, que permite compreender a quantidade aproximada de carbono a cada metro quadrado. Ao final, obteve-se a média das áreas pesquisadas (Quadro 3.10).

Quadro 3.10 - Média dos valores de massa e carbono

Floresta	t massa/ha	t carbono/ha
Ombrófila Densa (Ponto 4)	8,4	4,218
Campinarana (Ponto 5)	4,4	2,193
Campinarana (Ponto 6)	3,182	1,591

As médias foram obtidas a partir das coletas das parcelas definidas e pela coleta em pontos semelhantes. No Quadro 3.11 é possível identificar os valores de cada ponto, sem as médias gerais.

Quadro 3.11 - Cálculos para a obtenção dos resultados de carbono

Amostra	Peso com o saco	Peso do saco	Peso da massa seca (g)	Área (m <sup>2</sup> )	g/m <sup>2</sup>	t/ha
Ponto 4 -01	24,77	2,95	21,82	0,25	87,28	0,873
Ponto 4 - 02	127,32	2,95	124,37	0,25	497,48	4,975
Ponto 4 - 03	185,84	2,95	182,89	0,25	731,56	7,316
Ponto 5 - 01	82,5	2,95	79,55	0,25	318,2	3,182
Ponto 6 - 01	328,87	2,95	325,92	0,25	1303,68	13,037
Ponto 6 - 02	131,7	2,95	128,75	0,25	515	5,15
Ponto 6 - 03	180,99	2,95	178,04	0,25	712,16	7,122

Os valores das folhas secas são expressos de acordo com as amostras, tendo em torno de máximo 15 toneladas de Carbono por hectares, dado esse diferente do padrão amazônico que é encontrado quando se utiliza amostras dos troncos das árvores, mas contribui para identificar os índices de Carbono em diferentes níveis, assim como impactos diferenciados, considerando o local que foi realizado alterações tais como desflorestamento.

### 3.2.1.3 Identificação das espécies vegetais

Para a variável vegetação, além da obtenção da biomassa e índices gerais de Carbono, também foi realizado um inventário com parcelas delimitadas em tamanho de 10 × 10 m (Figura 3.5). O inventário foi realizado com a ajuda de um botânico do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), o qual identificou espécies vegetais em áreas de Floresta Ombrófila Densa e área de Floresta de Campinaranas.



Figura 3.5 – Delimitação da área de inventário e coleta de amostras.

### **3.1.3 Variável Relevo**

O relevo foi verificado de acordo com as bases de dados SRTM, material de análise remota da NASA, disponíveis no *site* da Embrapa, e também foi realizado a comparação da imagem a partir dos dados gerais disponíveis no IBGE (1972). Dessa forma o relevo foi identificado a partir de imagens de radar que permitiram identificar no *software* ArcGIS 10.7, modelos do terreno (MDE) e mapa de declividade. Para cada ambiente das amostras foram identificados o tipo de relevo e a declividade, com a finalidade de compará-los.

### **3.1.4 Hidrografia**

A hidrografia foi obtida a partir da base cartográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em uma escala de 1:100.000, com a finalidade de identificar a proximidade dos sistemas de água das áreas estudadas.

Além desses dados, foram obtidas amostras de água coletadas no Rio Sanabani em diferentes profundidades, possibilitando observar os sólidos da água, a acidez e turbidez

(Figura 3.5). A análise da água seguiu padrões da legislação ambiental do Brasil (CONAMA nº 357 de 17/03/2005 Art.15.). Para complementar os dados de qualidade da água, foram obtidos na Secretaria do Meio Ambiente do Amazonas (SEMA) dados de diferentes anos obtidos no rio Itabani, afluente do Sanabani e que possui as mesmas propriedades.

A identificação da rede de drenagem quanto à proximidade com as áreas de Campinaranas e Ombrófila Densa foi utilizada para compreender a dinâmica de influência dos canais fluviais em relação às florestas. Além desse parâmetro, a qualidade da água foi obtida (Figura 3.6), assim como a turbidez, para identificar os sólidos em águas e a potencialidade de receber ou distribuir sedimentos a diversos ambientes.



Figura 3.6 - Local da coleta de amostras de água no rio Sanabani.

### **3.2 Identificação da relação das florestas de Campinaranas com a tendência natural da resiliência ecológica**

Com objetivo de caracterização das variáveis ecológicas, utilizou-se padrões espaciais do solo, vegetação, hidrografia e relevo, contudo, para a identificação da dinâmica das Campinaranas com a resiliência ecológica, além de utilizar os padrões das variáveis ecológicas, procurou-se sistematizar dados de variáveis em diversos anos, inserindo

informações desde os primeiros dados até os mais atuais possíveis. Nesse padrão de avaliação de diversos anos, foi selecionado os dados de origem antrópica (modificações por desflorestamento, queimadas e processos erosivos) e climática (precipitação, temperatura e umidade). Essas duas variáveis, identificam o critério tempo das modificações, enquanto as demais variáveis naturais (vegetação, solo, hidrografia, Declividade, elevação e geologia), são perceptíveis e mensuráveis de forma espacial.

### **3.2.1 Variável Antrópica**

Os dados da variável antrópica foram considerados a partir dos padrões de desflorestamento, nos quais observou-se áreas de solo exposto, recuperadas e preservadas. Utilizou-se recursos de satélites com avaliação temporal das mudanças na vegetação, aplicou-se questionários aos moradores, elaborou-se classificações com mapas de uso do solo.

#### **3.2.1.1 Análise Temporal**

Utilizou-se os recursos temporais do Google Earth para verificar alguns pontos de recuperação de áreas e de ampliação de solo exposto, foram selecionadas algumas áreas, utilizadas para a análise do padrão de resiliência ecológica da bacia hidrográfica Sanabani. Tal medida possibilitou uma visualização em tons consideravelmente mais realistas, contribuindo assim para a interpretação dos anos que levam para a recuperação de uma área degradada e a dinâmica de desflorestamento. As imagens de satélite geraram 5 séries históricas, possibilitando uma análise de quase 40 anos de desflorestamento e regeneração.

A partir da seleção no *Google Earth*, obteve-se imagens e criou-se polígonos de desmatamento que foram inseridos em diferentes anos, possibilitando acompanhar a dinâmica de desmate, regeneração e desmate em alguns polígonos. O intervalo de anos selecionados foi o que estava disponível para a área de investigação.

As imagens foram obtidas no *site* do INPE e compostas em falsa cor, bandas 3, 4 e 5 no *software* ArcGIS. De 1982 até 2017, as imagens são integralmente do satélite *Landsat*;

de 2020, obteve-se algumas imagens do satélite Amazonia 1. Essa alteração foi devido às dificuldades que muitas imagens de satélite ainda sofrem na Amazônia, que são as nuvens a cobrirem toda percepção do satélite.

### Composição das imagens de satélite

Foi utilizado dados diretos de imagens de satélite de resolução de  $30 \times 30\text{m}$  do *Landsat* 5 e 8 (de 1982 até 2017) e, para uma visualização mais recente, encontrou-se disponível o satélite Amazonia 1 (ano de 2020), apresentando 64 m de resolução espacial. As imagens foram obtidas no catálogo de imagens do INPE.

As imagens *Landsat* vêm em formato de bandas nos tons escurecidos, no total há 7 bandas. De acordo com Florenzano (2011) cada banda tem uma função e para a pesquisa realizou-se a composição colorida das imagens a partir das bandas 3, 4 e 5 (Quadro 3.12), pois essas bandas são importantes para a análise da pesquisa (vegetação e solo exposto).

Quadro 3.12 - Bandas Espectrais do LANDSAT de acordo com Epiphany et al. (1987)

Banda	Intervalo Espectral ( $\mu\text{m}$ )	Aplicação
3	0,63 - 0,6 (vermelho)	Diferenciação de espécies vegetais
4	0,76 - 0,9 (infravermelho)	Delineamento de corpos d'água e geomorfologia
5	1,55 - 1,74 (infravermelho)	Uso do solo

As imagens Amazonia 1, segundo o INPE (2021) “provê imagens com resolução de ~64m (nadir), em uma faixa de ~850km (across track), em 3 bandas do visível (azul, verde e vermelho) e uma quarta banda no infravermelho próximo (near infra red). O satélite possui um gravador a bordo, que permite capturar uma imagem de qualquer região do globo para posterior transmissão sobre o Brasil”.

A composição é obtida a partir da ferramenta *composite bands* (Figura 3.7) disponível no ArcGIS. A de 2020 do satélite Amazonia, foi composta com as bandas 2, 3 e 4 que

também permitiram uma visualização interpretativa da vegetação e solo exposto. No quadro há um exemplo de formato das bandas e a sequência de composição no ArcGIS.

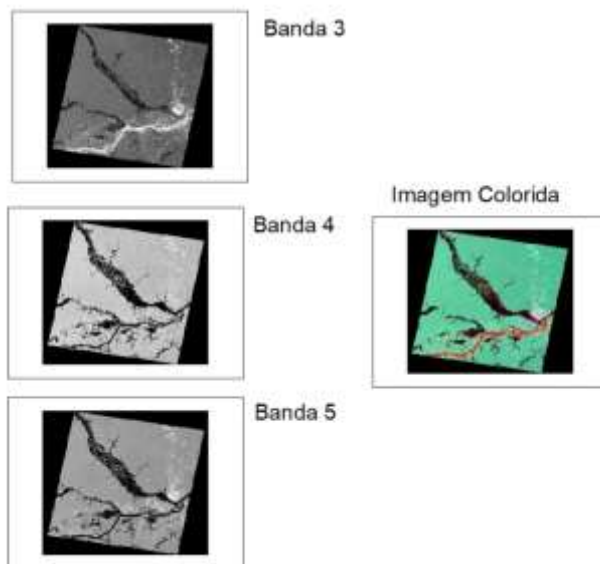


Figura 3.7 – Composição colorida das imagens Landsat.

As imagens foram utilizadas para realização de séries históricas e a análise do desflorestamento e regeneração da vegetação ao longo de quase 40 anos. Além da obtenção histórica das imagens, composição colorida, as imagens passaram por correções espaciais, no qual foram georreferenciadas a partir do método *pixel a pixel* e a partir da ferramenta de correção automática do ArcGIS 10.7, após a correção, gerou-se mais de 100 pontos de referência.

### 3.2.1.2 Aplicação dos Questionários

Além da análise temporal com o uso de imagens de satélite, a variável antrópica contou com relatos de moradores que vivem 30 e até mais de 60 anos em torno da floresta. Os relatos desses moradores colaboram para evidenciar os processos espaciais das imagens, pois os mesmos observaram ao longo dos anos a dinâmica de desmatamento e regeneração florestal. Esses relatos empíricos contribuem para a interpretação dos dados.

As perguntas feitas foram inseridas em uma linguagem simples, respeitando a vivência dessas pessoas. Perguntas como o tipo de trabalho e renda econômica fornecem informações que demonstram a relação humana com a natureza em sua mais inicial fase (Quadro 3.13).

Quadro 3.13- Questionário com os moradores

- 1- Qual o tipo de trabalho que realiza para o sustento familiar?
- 2- Quantas pessoas são sustentadas por essa renda?
- 3- Como é realizado esse trabalho?
- 4- Acredita que a natureza pode se renovar, caso ela seja destruída? Por quê?
- 5- O que você faria se não tivesse como trabalhar com a atividade que exerce atualmente?
- 6- Quais suas principais dificuldades em relação ao trabalho atual?
- 7- Há algum período que é mais difícil, para realizar o seu trabalho?
- 8- Você tem tudo o que precisa? Por quê?
- 9- Você observou que tem dois tipos de solo (terra): um bem argiloso (barrento e amarelo) e outro com muita areia, de cor branca? Como você acredita que pode haver dois solos diferentes em um mesmo lugar?

### 3.2.1.3 Classificação de Imagens

Além de todos esses parâmetros de compreensão da influência antrópica, utilizou-se uma classificação do uso do solo disponibilizado pelo INPE dos anos de 2004, 2010 e 2014 e para o ano de 2020 foi utilizado a classificação do uso do solo disponibilizado pelo projeto *Sentinel*. Além da classificação detalhada do INPE e do *Sentinel*, foi realizado, a partir das imagens obtidas, uma classificação supervisionada de 1985, 1997, 2007 e 2017 somente de 3 fatores da bacia Sanabani: vegetação, rede hidrográfica e solo exposto, com a intenção de compreender a dinâmica da paisagem e a influência das intervenções antrópicas no ambiente.

### **3.2.2 Variável Climática**

Realizou-se uma análise temporal da variável clima para compreender se ao longo de 30 anos houve mudanças meteorológicas significativas, com a intenção de realizar uma conexão entre as intervenções antrópicas e tais mudanças.

As variáveis climáticas (precipitação, temperatura e umidade) foram obtidas partir da estação de Itacoatira, cerca de 40 km a sudoeste da área de investigação. Essa é a estação mais próxima e serve de parâmetro de medição da bacia hidrográfica Sanabani. A partir dessa estação foram obtidos dados de 1991 a 2020. Com esses dados foi possível construir uma média de quase 30 anos de variação da precipitação, umidade e temperatura, com o objetivo de compreender se nesse período houve mudanças significativas desses elementos climáticos, possibilitando assim compreender a susceptibilidade da área de investigação a mudanças em diversos contextos e compreender se as constantes mudanças e alterações na vegetação alteraram o clima local.

### **3.3 Padrão de desenvolvimento sustentável a partir dos limites da resiliência ecológica**

O padrão de desenvolvimento sustentável utilizou todos os dados obtidos para identificar se há resiliência ecológica na Amazônia, se os processos interrompidos de resiliência criam novas paisagens, se as paisagens de Campinaranas são processos de resiliência limitados por algum distúrbio maior que a capacidade natural da regeneração e se as Campinaranas são resultados das ações antrópicas.

Inicialmente foi realizada uma análise multicritério, que possibilitou reunir todas as variáveis com a quantificação de influência pré-estabelecida pelo método analítico hierárquico, e identificar a susceptibilidade de áreas a mudanças ambientais de acordo com as variáveis (intervenção antrópica, solo, vegetação, hidrografia, geologia e relevo).

Dessa forma, os padrões para a hierarquia e identificação do grau de ponderação das variáveis seguiram o grau de influência dessas variáveis, de acordo com a intensidade

que cada uma demonstra em relação a mudanças na paisagem natural; a partir de um agrupamento de intensidades de transformação, foi possível hierarquizar as variáveis quanto ao potencial de alteração, nos quais, destaca-se que:

- O fator antrópico recebeu o maior grau de intensidade quanto à mudança na paisagem devido ser considerado, em muitos casos, o fator com maior capacidade de interferência no sistema natural (Tricart, 1977; Ross, 1998); em um exemplo prático na Amazônia, há as terras pretas de índio, construídas ao longo de anos. Esse fator antrópico é também responsável pelas áreas de solo exposto, pastagens, queimadas, erosão uso geral do solo.
- Em seguida, considera-se que o solo representa os resultados de diversos processos de mudanças ambientais, uma vez que ele é resultado da interação da vegetação, relevo, clima, hidrografia, por isso esse elemento encontra-se em segundo lugar, não devido ao seu potencial para alterar, mas por representar processos que resultaram em alterações, tal como o surgimento de Neossolos.
- A vegetação é em terceiro nível de relevância para as mudanças ambientais, uma vez que ela caracteriza áreas quanto a variedade vegetal; em especial para a área de estudos que possui Floresta Ombrófila Densa e Campinaranas.
- A hidrografia representa um fator crucial de alterações. De forma natural os rios passam pela enchente e a vazante, proporcionando uma dinâmica de mudanças ambientais graduais como deposição de sedimentos ou lixiviação de materiais do solo. Todo esse processo resulta em transformações naturais sazonais importantes de serem compreendidas e mensurada de a um longo prazo.
- O relevo é analisado devido à influência topográfica para viabilizar mudança pedológicas quanto à lixiviação de nutrientes do solo em período de chuva, condicionado pela declividade do terreno. Também por possibilitar identificar se as Campinaranas surgem em áreas de relevo mais plano ou ondulado.

### **3.3.1 Processo Analítico Hierárquico**

Considerando o potencial de transformação da paisagem de cada elemento natural, como disposto por Holling (1973), Tricart (1981), Bertrand (2004); Ross (2009) e Davoudi (2012), e mais os dados da pesquisa, procurou-se quantificar e hierarquizar os

elementos de influência mais transformadora e assim realizar a análise multicritério, com a finalidade de identificar as áreas suscetíveis a mudanças e compará-las com a dicotomia de Floresta Ombrófila Densa e Campinarana. Assim, foi organizada uma ordem para cada elemento natural.

A hierarquia foi selecionada de acordo com os critérios de relevância das variáveis quanto a impacto nas alterações ambientais (Quadro 3.14). Os níveis das variáveis foram distribuídos de acordo com a tabela de importância disponíveis por Saaty (1970), sendo esse o padrão para ordenar os eventos de acordo com o impacto daquilo que deseja compreender os principais fatores de influência.

Quadro 3.14 – Graus de importância as variáveis trabalhadas (Saaty, 1970).

<b>Grau de Importância</b>	<b>Definição</b>	<b>Importância para a pesquisa</b>
<b>1</b>	Igual importância.	Variáveis com o mesmo impacto de alteração.
<b>3</b>	Fraca importância.	Inferior importância em relação a variável comparada.
<b>5</b>	Forte importância.	Importância de impacto em alterações maior que o par de comparação.
<b>7</b>	Muito forte importância.	Importância de alteração visivelmente superior que o par de comparação.
<b>9</b>	Importância absoluta.	Inquestionável impacto de alteração em relação ao par comparado.
<b>2, 4, 6, 8</b>	Valores intermédios.	Importância entre uma variável e outra de fraca a forte intensidade de alterações na paisagem.
<b>Recíprocos dos Valores</b>	Se a atividade <i>i</i> recebe uma das designações diferentes de zero, quando comparada com a atividade <i>j</i> , então <i>j</i> tem o valor recíproco quando comparada a <i>i</i> .	

Após hierarquizar as variáveis e definir os valores de impacto, foi construída uma matriz de comparação par-a-par. Nessa matriz as variáveis foram analisadas por pares, de acordo com a hierarquia definida para o critério de influência na paisagem natural. Os valores seguem em ordem crescente, com uma escala igualada a 1, pois é a comparação

da variável pela variável. As demais colunas são oposições. Cada célula da matriz representa um valor de comparação das variáveis (Quadro 3.15).

Quadro 3.15 - Construção da matriz de comparação par-a-par

	<b>Antrópico</b>	<b>Vegetação</b>	<b>Solo</b>	<b>Hidrografia</b>	<b>Geologia</b>	<b>Relevo</b>
<b>Antrópico</b>	1	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00
<b>Vegetação</b>	0,25	1	3,00	4,00	5,00	6,00
<b>Solo</b>	0,20	0,33	1	4,00	5,00	6,00
<b>Hidrografia</b>	0,17	0,25	0,25	1	3,00	4,00
<b>Geologia</b>	0,14	0,20	0,20	0,33	1	2,00
<b>Relevo</b>	0,13	0,17	0,17	0,25	0,50	1
<b>SOMA =</b>	<b>1,88</b>	<b>5,95</b>	<b>9,62</b>	<b>15,58</b>	<b>21,50</b>	<b>27,00</b>

Após a matrização dos dados, realizou-se o cálculo de normalização da matriz. Nessa fase, as somatórias do final de cada variável deve ser 1, indicando que os cálculos estão corretos. Esse resultado 1 é obtido com a divisão das células de cada variável da matriz de comparação com a soma no final da variável. Especificamente, na coluna vertical da variável antrópica, obteve-se os resultados: 1; 0,25; 0,20; 0,17; 0,14; 0,13. Para o cálculo da matriz de normalização, cada um desses resultados foi dividido por 1,88, que é exatamente a soma desses dados. Ao final da divisão, as colunas da matriz de normalização são preenchidas a cada resultado de cada variável. Ao final do preenchimento dos valores da matriz de normalização, também foi obtido o peso vetor que é calculado pela média dos valores obtidos da coluna horizontal (Quadro 3.16).

Quadro 3.16 - Normalização dos valores (cálculo do vetor  $l_{max}$ )

	<b>Antrópico</b>	<b>Vegetação</b>	<b>Solo</b>	<b>Hidrografia</b>	<b>Geologia</b>	<b>Relevo</b>	<b>Peso (vetor <math>l_{max}</math>)</b>
<b>Antrópico</b>	0,53	0,67	0,52	0,39	0,33	0,30	0,455
<b>Solo</b>	0,13	0,17	0,31	0,26	0,23	0,22	0,221
<b>Vegetação</b>	0,11	0,06	0,10	0,26	0,23	0,22	0,163
<b>Hidrografia</b>	0,09	0,04	0,03	0,06	0,14	0,15	0,085
<b>Geologia</b>	0,08	0,03	0,02	0,02	0,05	0,07	0,045
<b>Relevo</b>	0,07	0,03	0,02	0,02	0,02	0,04	0,031
<b>TOTAIS =</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>

A validação da hierarquia foi realizada a partir da efetivação do cálculo da fórmula lambda e da razão de consistência. O cálculo da fórmula lambda é realizado com o seguinte formato:

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n - 1}$$

Onde:

CI é o índice de consistência

$l_{max}$  é o produto vetorial;

$n$  é a quantidade de variáveis utilizadas, no caso da pesquisa, foram 6.

O  $l_{max}$  é obtido a partir da multiplicação das matrizes de construção e normalização, no qual multiplica-se a linha da primeira matriz pela coluna da segunda matriz, repetindo o processo para cada linha e coluna. O resultado da média do produto vetorial ( $l_{max}$ ) é inserido na fórmula de CI, com a realização da fórmula, descobre-se o CI, mas esse resultado é só parte do processo de validação, pois o objetivo final é encontrar a razão

de consistência (CR) que é obtido através da divisão da CI pelo valor da tabela randômica que será identificado pelo número de variáveis (Quadro 3.17).

Quadro 3.17 - Índice Randômico Desenvolvido Por Saaty (1991).

Quantidade de Variáveis	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Índice Randômico	0,0	0,0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

No final do processo, a validação da coerência das ponderações ocorre com a divisão da CI (0,11) por 1,24. O resultado final dessa divisão deve ser menor que 10 %. Assim:

$$CI / IR = CR,$$

$$0,11 / 1,24 = 0,091$$

Dessa forma, o valor inferior a 10 % confiabilizou as ponderações relativas distribuídas às variáveis utilizadas na pesquisa e possibilitou utilizar os valores para a hierarquia das variáveis quanto à influência em alterações ambientais e para a elaboração de uma análise multicritério.

### 3.3.2 Análise Multicritério

A combinação por pares auxiliou na definição dos pesos dos elementos da análise multicritério para bacia hidrográfica do rio Sanabani, com a finalidade de compreender as variáveis mais significativas na criação de paisagens e quanto ao processo de resiliência ecológica.

A hierarquia de modificação da paisagem dos elementos naturais foi utilizada para a análise multicritério e para definir o grau de relevância de cada teoria. No Quadro 3.18 é possível identificar quais elementos naturais serviram de direcionamento para atribuir relevância às teorias. Dessa forma, assim como os dados coletados, a análise estatística proporcionou resultados quanto ao nível de significância dessas variáveis quanto a mudanças ambientais (Quadro 3.18).

Quadro 3.18 – Fatores influenciadores nas mudanças de paisagem

<b>Elemento Modificador</b>	<b>Elementos Identificado no Processo de Altrações da paisagem</b>
Antrópica	Influencia as mudanças constantes no uso do solo e no processo de distribuição florestal.
Solo	Susceptível a mudanças após desmate e demais intervenções no sistema.
Vegetação	Apresenta intrigantes tipologias vegetais (Ombrófila Densa e Campinaranas)
Hidrografia	Possui período de sazonalidade relevante ao transporte e deposição de materiais.
Geologia	Origina tipos de solo e relevo.
Relevo	Inclinação é relevante para o transporte de seimentos e passagens de água.

Após identificada a hierarquia dos fatores, foram atribuídos pesos a cada variável de acordo com a relevância a mudanças. O resultado do peso vetorial foi utilizado para calcular a análise multicritério. Foi o obtido os valores que estão no Quadro 3.19.

Quadro 3.19 – Peso das variáveis obtido no processo analítico hierárquico.

<b>Variável</b>	<b>Peso (vetor <math>l_{max}</math>)</b>
Antrópica	0,455
Solo	0,221
Vegetação	0,163
Hidrografia	0,085
Geologia	0,045
Relevo	0,031

A partir dos pesos, utilizou-se o ArcGIS 10.7 para realizar a análise multicritério. Todas as bases de dados com informações dos fatores (Antrópica, Solo, Vegetação, Hidrografia, Geologia e Relevo) foram editados e classificados com níveis de 1 a 3, onde próximo de 1 exerce pouca influência em alterações da paisagem e mais próximo de 3 possui muita influência nessa alteração. Todas as bases com as variáveis foram

transformadas em dados *raster* e a partir do peso de cada vetor decidido na hierarquia e com a nivelção dos fatores das variáveis em até 3 níveis, realizou-se um cálculo para criar a análise multicritério, o qual definiu-se que a análise multicritério da interferência na paisagem é:

$$(\text{“Antrópica*0,45”}) + (\text{“Solo*0,22”}) + (\text{“Vegetação*0,16”}) + (\text{“Hidrografia*0,08”}) + (\text{“Geologia*0,04”}) + (\text{“Relevo*0,03”})$$

Os níveis utilizados para determinar a intervenção dos fatores de cada variável estão descritos no Quadro 3.20 assim como os critérios utilizados para os pesos dos fatores em cada variável, de forma a classificá-los nos níveis de 1 a 3.

Quadro 3.20 – Hierarquia, quantificação e explicação dos pesos de cada variável para a análise multicritério.

Variável	Fatores das Variáveis	Peso	Motivação
Variável Antrópica	Área Preservada	1	Devido as áreas preservadas manterem a paisagem em constante equilíbrio.
	Área Desflorestada	2	A ação deixa o solo exposto e susceptível a mudanças, além da retirada vegetal representar uma grande mudança na paisagem natural.
	Área com Erosões	3	São a expressão máxima do solo desprotegido, representando degradação e procura por um novo equilíbrio.
Variável Solo	Argissolos	3	Representam 91,23 % da área de investigação e, das áreas de intervenção antrópica, é um dos mais afetados.
	Latossolo Amarelo	3	Assim como o Argissolo, é um solo argiloso com os maiores índices de incisões erosivas e desflorestamento, representando 2,21% da área de investigação.
	Neossolo Quartzarênico	2	Representa as áreas de Campinaranas que ainda estão em processo de uso dos recursos; em relação aos solos argilosos, ainda não sofre tantos impactos, abrange 3,69% da área de investigação.
	Espodossolo	2	Assim como o Neossolo Quartzarênico, ainda tem grande parte de suas áreas menos alteradas que os

			solos argilosos, representando 1,27% da área de estudo.
	<b>Gleissolo</b>	1	Representam Somente 1,6% da área de investigação e não objeto de coleta de amostras.
<b>Variável Vegetação</b>	<b>Omrófila Densa</b>	2	Configura mais de 50 % da área de investigação, é o ambiente mais explorado; em relação à susceptibilidade a mudanças na paisagem, possui maiores possibilidades de transformar a área de investigação.
	<b>Campinaranas</b>	1	Sua pequena extensão na área de investigação representa poucas possibilidades de alterações. Em relação a Ombrófila Densa, considera-se que essa floresta possa tornar-se Campinarana, mas o contrário não há evidências.
	<b>Sem vegetação ou vegetação recente</b>	3	Representa a transição de perturbação no sistema a procura por equilíbrio a partir de um processo de resiliência.
<b>Variável Hidrografia</b>	<b>Margem Conservada</b>	1	Uma margem conservada torna o ambiente equilibrado.
	<b>Margem Desflorestada</b>	3	Uma margem desprotegida torna o ambiente susceptível a mudanças e a transporte e deposições de materiais de forma expressiva e acelerada.
<b>Variável Geologia</b>	<b>Aluviões Holocênicos</b>	1	Representa somente 1,6% da área de investigação, originando os Gleissolos.
	<b>Formação Detrítica Laterítica</b>	3	Representa 6,06% da área de investigação.
	<b>Formação Alter do Chão</b>	3	Tem predominância expressiva, abrangendo 92,34% da área de investigação.
<b>Variável Relevo</b>	<b>1°</b>	1	Não há grande interferência da inclinação do terreno.
	<b>3°</b>	2	Representa uma maior inclinação do relevo e influência em possíveis transportes de sedimentos.
	<b>6°</b>	3	É um dos pontos maiores de inclinação do terreno e consequentemente de maior influência no transporte de materiais.

Dessa forma a hierarquização das variáveis, o peso dos fatores das variáveis e a fórmula para identificar a susceptibilidade de áreas a mudanças ambientais, obteve-se o mapa de análise multicritério. As variáveis utilizadas estão especificadas na Figura 3.8.

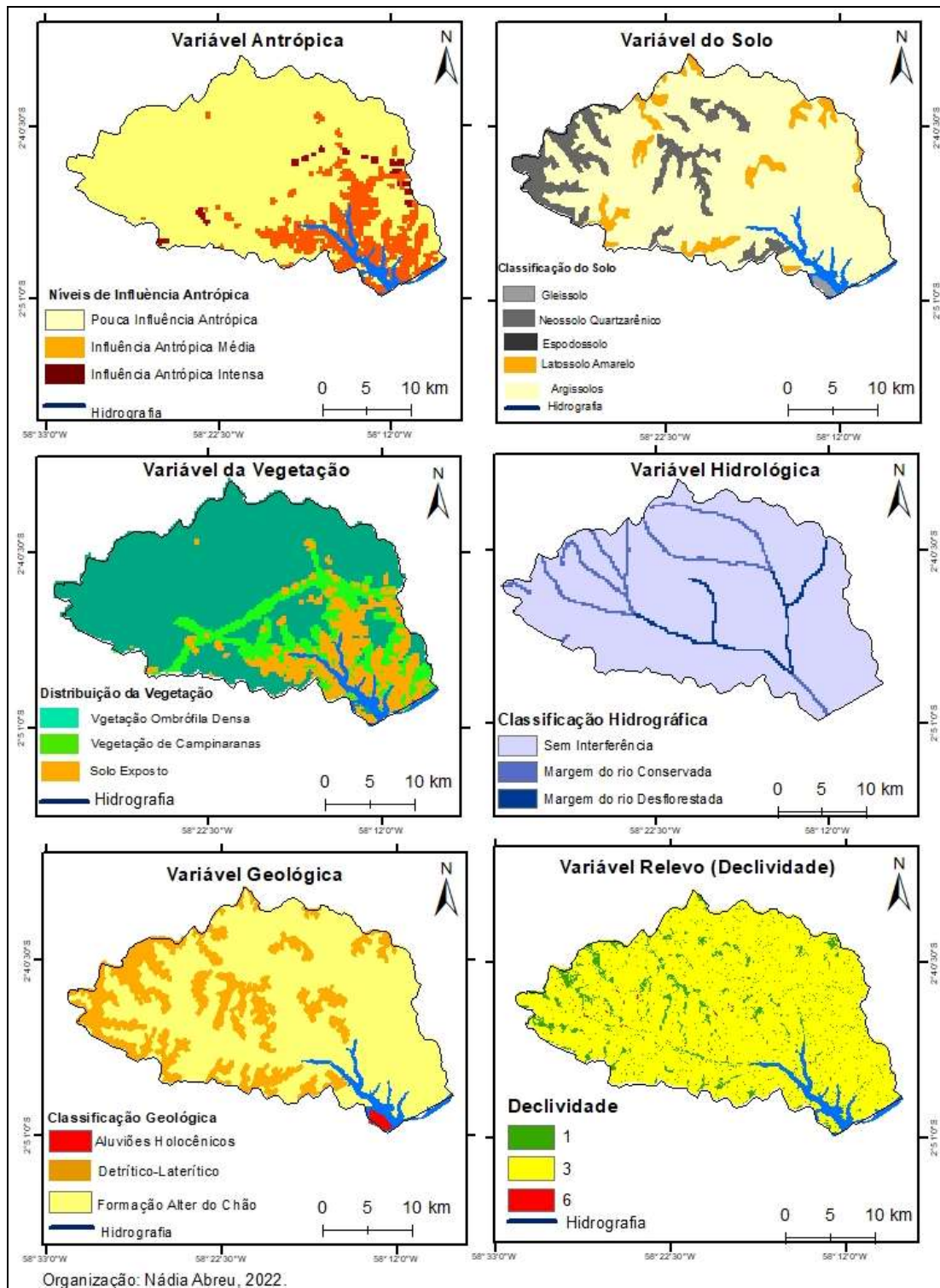


Figura 3.8 – Variáveis utilizadas na avaliação da susceptibilidade a mudanças na paisagem natural, com base em análise multicritério. Fonte: Autora, 2022.

Esses 3 níveis de resiliência, além de hierarquizar a análise multicritério, foi utilizado para criar, a partir de uma classificação supervisionada, o mapa com os níveis de sustentabilidade, classificando as paisagens em equilibrada, adaptada e instável.



#### **4. RESILIÊNCIA ECOLÓGICA E AS CAMPINARANAS**

Esse capítulo apresenta os resultados dos procedimentos realizados no capítulo 3, evidenciando a análise das variáveis espaciais e temporais, sistematizado-as em 3 diferentes objetivos. Procurou-se caracterizar os dados ambientais, comparar as variáveis ecológicas de ambientes de Campinaranas e Ombrófila, compreender as dinâmicas do desflorestamento e regeneração e espacializar a localização de Floresta de Campinaranas e Floresta Ombrófila Densa.

Em um aspecto geral, as Campinaranas revelam ser um enclave de intrigante origem. Contudo, a pesquisa encontrou resultados relevantes e que evidenciam identificar fatores que condicionaram o surgimento desse fragmento florestal na Amazônia.

Com o auxílio de metodologia de comparação e análise multicritério, além do uso de imagens de satélites de diferentes anos, foi possível obter resultados que demonstram relevância na compreensão da gênese das Campinaranas e as mudanças na paisagem pelo processo de resiliência ecológica.

Em geral, a análise comparativa entre as variáveis ambientais evidencia uma abrangente diferença entre a Floresta de Campinaranas e a Ombrófila Densa. Poucos pontos de semelhanças foram identificadas entre as variáveis, sendo comum algumas espécies vegetais. As áreas sem vegetação, que passaram por algum impacto, revelaram, em alguns casos, padrões inconstantes. Os resultados são satisfatórios mediante as respostas recebidas, direcionando os padrões de resiliência ecológica e os fatores que condicionam mudanças na paisagem. Os dados analisados nesse capítulo, estão com os procedimentos descritos na Figura 4.1.

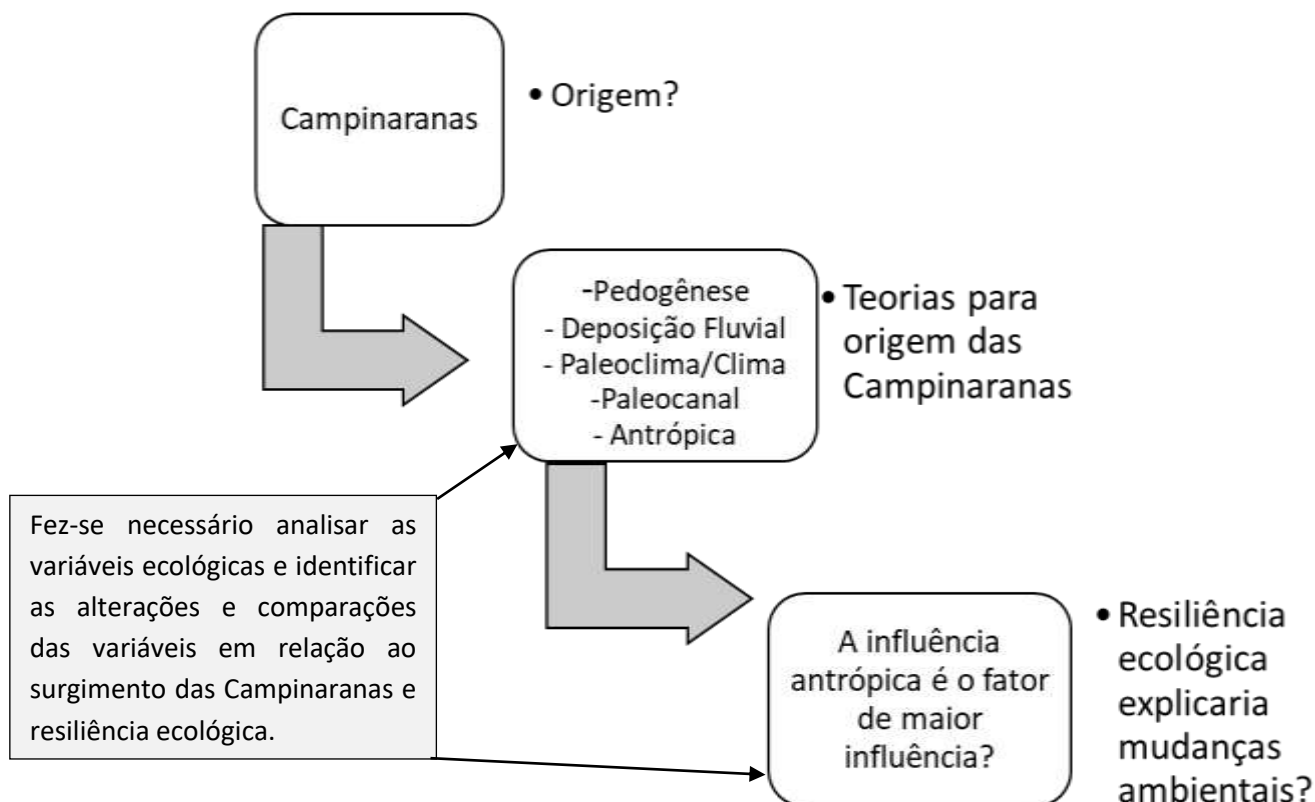


Figura 4.1 - Principais fatores influenciadores para o surgimento das Campinaranas.

#### 4.1 Identificação, Análise e Sistematização das Alterações Ecológicas

Considerando as premissas que teorizam numerosas variáveis ambientais como fatores condicionantes para o surgimento das Campinaranas, procurou-se analisar variáveis ambientais especializadas tanto em ambiente de Campinaranas como de Ombrófila Densa, para que, no final, fosse possível comparar semelhanças, diferenças e evidências de variação de um ambiente para o outro. Foram verificados os aspectos físicos e químicos do solo, índice de Carbono da vegetação, extratos da vegetação, espécies vegetais das Campinaranas e Ombrófila Densa, turbidez dos cursos d'água, e a distribuição, identificada pela Google Earth, de Floresta de Campinaranas e Ombrófila Densa no relevo e hidrografia.

#### 4.1.1 Variável Solo

O solo foi coletado em pesquisa de campo em 15 pontos diferenciados e analisado em laboratório quanto a condição física (aspectos granumométricos) e condições químicas. A análise do solo para essa pesquisa tem contribuído para diferenciar os aspectos de solo de Campinaranas, Ombrófila Densa e áreas com influências antrópicas. O último aspecto é de essencial importância uma vez que evidencia as mudanças no solo após o desflorestamento e as possibilidades de regeneração de um ambiente, assim como os limites de um solo quanto ao desgaste.

##### 4.1.1.1 Análise Física (Textura do Solo)

A Floresta Ombrófila Densa apresentou solos argilosos e siltosos e a Floresta de Campinaranas apresentou um padrão de textura arenosa. As áreas degradadas apresentaram-se com concentrações semelhantes às da Floresta Ombrófila Densa, variando entre argiloso e siltoso. Os aspectos gerais podem ser indentificados no quadro 4.1, que revela os percentuais de areia, argila e silte.

Quadro 4.1 - Análise física do solo em amostras na bacia hidrográfica do rio Sanabani.

Ponto Coleta	Fração (%)			Textura	Ambiente
	Areia	Argila	Silte		
1	26,60	48,67	24,73	Argiloso	Floresta Ombrófila Densa
2	14,82	27,70	57,47	Siltoso	Floresta Ombrófila Densa
3	8,93	31,77	59,28	Siltoso	Área Degradada (Queimada)
4	15,43	57,87	26,69	Argiloso	Área Degradada (Queimada)
5	96,36	0,48	3,15	Arenoso	Floresta de Campinarana
6	6,94	26,52	66,53	Siltoso	Floresta Ombrófila Densa
7	46,71	40,07	13,23	Franco Argiloso	Área Degradada (Queimada)
8	79,25	17,08	3,67	Arenoso	Área Degradada (voçoroca)
9	91,69	6,98	1,32	Arenoso	Floresta de

					Campinarana
<b>10</b>	46,06	14,53	39,40	Franco Siltoso	Área Degradada (voçoroca)
<b>11</b>	70,62	16,10	13,26	Arenoso	Floresta de Campinarana
<b>12</b>	95,31	0,92	4,06	Arenoso	Floresta de Campinarana
<b>13</b>	57,11	24,00	18,88	Arenoso	Área Degradada (Solo Exposto)
<b>14</b>	26,13	45,70	28,12	Argiloso	Floresta Ombrófila Densa
<b>15</b>	94,93	0,58	4,48	Arenoso	Floresta de Campinarana

Em uma análise comparativa das variáveis, os padrões da Floresta Ombrófila Densa e Campinaranas demonstram-se conservados, no qual a floresta fechada apresenta padrões de solo argiloso e siltoso, enquanto nas Campinaranas é sempre arenoso. No entanto as áreas degradadas não mostraram padrões iguais das áreas naturais. Todas as áreas degradadas analisadas, anteriormente, eram Floresta Ombrófila Densa, porém duas áreas degradadas apresentaram valores de areia de 57,11 % (coleta 13) e 79,25 % (coleta 8), revelando uma sólida variação do padrão normal desses ambientes de Floresta Densa. Além desses dois ambientes, as áreas de coleta 7 e 10 apresentaram-se Franco-Siltoso e Franco Argiloso, com concentrações de areia entre 46,06 % e 46,71 %. Esses valores não as caracterizam como arenosas, de acordo com a tabela, mas são os teores superiores aos percentuais de silte e argila e similares às Campinaranas. Somente as áreas degradadas dos pontos de coleta 3 e 4 apresentam valores de silte e argila superiores e pouca concentração de areia, valores esses comuns nas áreas de Floresta Ombrófila Densa.

Os dados de solo revelam que as Campinaranas e Ombrófila Densa seguem o padrão de arenosa e argilo-siltosa, respectivamente. No entanto as áreas degradadas, principalmente com presença de incisões erosivas, demonstram inconstâncias após a perturbação e sem padrões únicos. Fica evidente na análise, que as áreas degradadas modificam a granulometria de acordo com o tipo de impacto, pois em áreas com queimadas, a granulometria apresentou o mesmo padrão de ambientes de Floresta Ombrófila Densa, mas em área com incisões erosivas, os aspectos granulométricos do solo foram alterados (os dados de cada centímetro de solo coletado, sem a média apresentada no quadro 4.1, estão no anexo 4).

#### 4.1.1.2 . Análise Química do Solo

A análise química do solo possibilita observar que, nas áreas de Campinaranas, os elementos químicos variam entre P (Fósforo), Fe (Ferro) e Mn (Manganês), contudo nenhum em nível alto. Nas áreas de Floresta Ombrófila Densa há maior concentração de Fe (Ferro), P (Fósforo) e Zn (Zinco), sendo os níveis de ferro apresentados em valores elevados. Nas áreas degradadas há a presença de elementos comuns nas duas áreas de floresta, mas, semelhante à Floresta Ombrófila Densa, há elevados níveis de Fe (Ferro).

Dentre os elementos químicos observou-se que o Fe (Ferro) é predominante nas áreas de Ombrófila Densa e nas degradadas. O Al (Alumínio) foi identificado em todos os tipos de áreas, com predominância da Campinarana. Os níveis de Ca (Cálcio), Mg (Magnésio) e K (Potássio) são baixos em todas as áreas.

Nas áreas de Campinaranas a quantidade de Zn (Zinco) é inferior a de floresta fechada, que também apresenta valores considerados, pela EMBRAPA, baixos. O P (Fósforo) apresenta bons níveis na Floresta Ombrófila Densa e níveis baixos na área degradada e de Campinarana.

Os níveis de Mn (Manganês) são mais elevados nas áreas degradadas, baixos na Campinarana e muito baixos na Floresta Ombrófila Densa. O pH em água (pH CaCl<sub>2</sub>) demonstrou-se baixo em todas as amostras (Quadro 4.2).

Quadro 4.2 - Análise química do solo em amostras na bacia hidrográfica do rio Sanabani.

Ponto de Coleta	Ph cacl <sub>2</sub>	Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K	P	Fe	Zn	Mn	Ambiente
1	3,93	1,84	0	0,02	0,06	5,76	177,53	1,27	1	Floresta Ombrófila Densa
2	4,26	0,97	0	0,01	0	1,26	50,53	0,73	0,57	Floresta Ombrófila Densa
3	4,16	1,52	0,16	0,08	0,07	3,41	98,7	1,33	7,27	Área Degradada (Queimada)
4	4,43	1,17	0,02	0,02	0,05	2,49	132,36	0,9	1,23	Área Degradada (Queimada)
5	3,73	0,16	0	0	0,02	1,12	12,7	0,73	0,4	Floresta de Campinarana
6	4,16	1,26	0	0,01	0,04	1,66	98,53	0,77	1,03	Floresta Ombrófila Densa
7	4,21	0,8	0,05	0,03	0,07	2,98	171,2	0,97	2,37	Área Degradada (Queimada)
8	4,67	0,17	0	0	0,01	0,92	13,95	0,8	0,1	Área Degradada (voçoroca)
9	4,38	0,42	0,04	0	0,02	0,76	22,7	0,73	0,27	Floresta de Campinarana
10	4,37	0,82	0	0	0,02	15,34	28,08	0,83	2,4	Área Degradada

(voçoroca)										
<b>11</b>	3,76	1,38	0,18	0,05	12,5	3,33	101,23	1,1	0,82	Floresta de Campinarana
<b>12</b>	3,3	0,76	0,16	0,03	0,66	5	18,2	0,75	0,3	Floresta de Campinarana
<b>13</b>	3,9	0,35	0,5	0,1	18	8	58,2	0,92	2,1	Área Degradada (Solo Exposto)
<b>14</b>	3,72	1,21	0,09	0,01	6	2,4	102,45	1,4	0,9	Floresta Ombrófila Densa
<b>15</b>	2,98	0,79	0,3	0,04	2,8	2,8	16,5	0,8	0,61	Floresta de Campinarana

Os aspectos químicos foram coletados para identificar semelhanças e diferenças entre as áreas. A Floresta Ombrófila Densa e Campinaranas apresentam padrões diferenciados. Dentre os elementos, observa-se o Fe (Ferro) como o padrão de maior diferença entre a Ombrófila Densa e Campinaranas, com exceção do ponto 11, no qual o solo de Campinaranas apresenta um elevado nível de Fe. Os demais padrões apresentam pouca variação e as áreas degradadas demonstram valores inconstantes em quase todos os nutrientes.

As variações entre Campinaranas e Ombrófila Densa não revelam diferenças significativas, com exceção do Ferro, o que considera-se essa semelhança de Ferro em ambas as áreas ao fato descrito por Lepsch (2011), que cita o Ferro com um dos elementos de maior resistência a processos de lixiviação (Anexo 5). O Cálcio em Floresta Ombrófila Densa foi inexistente em alguns ambientes, e nas Campinaranas surgem com valores mínimos. As áreas degradadas não seguem uma variação padrão. De toda forma, nos aspectos químicos, somente o Ferro se torna um elemento de significativos valores diferenciados (os dados ponto a ponto da média do quadro 4.2 estão no anexo 6).

#### **4.1.2 Variável Vegetação**

A vegetação é uma variável ecológica de essencial importância, uma vez que as espécies distribuídas caracterizam um determinado padrão de solo e as áreas sem cobertura vegetal, tornam-se suscetíveis a erosão, lixiviamento e mudanças na composição do solo.

Para a pesquisa, procurou-se identificar a dominância dos portes arbóreos das 15 áreas de análise. O potencial de Carbono foi identificado em 3 áreas de análise e, para a

identificação das espécies vegetais, foi delimitado um inventário em área de Floresta Ombrófila Densa e uma área de Floresta de Campinaranas.

#### 4.1.2.1 Classificação Arbórea e sociabilidade da vegetação

A Floresta Ombrófila Densa apresenta copas arbóreas que cobrem 75 % da área ocupada. Para as áreas de Campinaranas, as árvores são de porte arborescente e geralmente apresentam coberturas de 25 % a 35 %.

Quadro 4.3 - Abundância e dominância da vegetação

<b>Ponto Coleta</b>	<b>Arbóreo (%)</b>	<b>Arborescente (%)</b>	<b>Arbustivo (%)</b>	<b>Subarbustivo (%)</b>	<b>Herbáceo (%)</b>	<b>Ambiente</b>
<b>1</b>	75	5	10	5	5	Floresta Ombrófila Densa
<b>2</b>	75	5	10	5	5	Floresta Ombrófila Densa
<b>3</b>	0	0	0	0	10	Área Degradada (Queimada)
<b>4</b>	0	0	0	0	5	Área Degradada (Queimada)
<b>5</b>	0	5	25	25	10	Floresta de Campinarana
<b>6</b>	75	5	10	5	5	Floresta Ombrófila Densa
<b>7</b>	0	0	0	0	5	Área Degradada (Queimada)
<b>8</b>	0	0	0	0	5	Área Degradada (voçoroca)
<b>9</b>	25	25	25	10	5	Floresta de Campinarana
<b>10</b>	0	0	0	0	5	Área Degradada (voçoroca)
<b>11</b>	25	25	25	10	5	Floresta de Campinarana
<b>12</b>	0	25	25	10	10	Floresta de Campinarana
<b>13</b>	0	0	0	0	0	Área Degradada (Solo Exposto)
<b>14</b>	75	5	10	5	5	Floresta Ombrófila Densa
<b>15</b>	0	25	25	10	5	Floresta de Campinarana

A dominância permitiu verificar as diferenças de frequência das espécies arbóreas, identificando que na Floresta Ombrófila Densa as copas das árvores cobrem acima de 75 % e nas Campinaranas não ultrapassam 25 % e ainda com vegetação de porte arbóreo quase inexistente, predominando os aspectos arborecetes. Em geral, os dados revelam o quanto os aspectos e estruturas vegetais são diferentes entre as duas tipologias vegetais; curiosamente, as Campinaranas ocorrem entre as Ombrófilas Densas, mas diferenciam-se fisicamente, sendo, *inclusive*, difícil de identificá-las por imagens de satélites gratuitas, tais como Landsat, com resoluções de até 30 metros, uma vez que as copas arbóreas da Floresta Ombrófila Densa cobrem as extensões com Campinaranas.

#### 4.2.1.2 Contabilização da biomassa e Carbono

A quantidade de carbono por hectare, na Floresta Ombrófila Densa é de 4 toneladas, as campinaranas apresentaram valores menores, de 1 a 2 toneladas por hectare. Em padrões específicos, isso significa que cada hectare da Floresta Densa libera 4,12 toneladas de carbono por hectare desmatado e a Floresta de Campinarana libera 1,89 tonelada de carbono por hectare.

Quadro 4.4 - Índices de carbono

<b>Floresta</b>	<b>t massa/ha</b>	<b>t carbono/ha</b>
<b>Ombrófila Densa (Área 4)</b>	8,4	4,218
<b>Campinarana (Área 5)</b>	4,4	2,193
<b>Campinarana (Área 6)</b>	3,182	1,591

A análise de comparação demonstra que o desflorestamento em Floresta Ombrófila Densa libera maiores quantidades de Carbono do que as Florestas de Campinaranas; além do mais, as diferenças entre as áreas revelam que as vegetações de Campinaranas, além de serem diferenciadas fisicamente, são diferenciadas na quantidade de Carbono, revelando que no processo de regeneração da cobertura vegetal, as reservas carbônicas reestruturam-se de forma diferenciada.

### 4.2.1.3 Identificação das espécies vegetais

Das espécies verificadas nas áreas de Campinaranas e Ombrófila Densa, observa-se que somente as espécies *Attalea maripa*, *Calathea altissima* Horan e *Protium ferrugineum* são comuns nas duas áreas pesquisadas. Isso demonstra que a biodiversidade é diferenciada e que a transição por processo evolutivo exigiria uma maior similaridade entre as espécies encontradas, havendo assim poucos aspectos interligados entre uma área e outra.

Quadro 4.5 - Inventário das áreas de Campinaranas e Ombrófila Densa

Espécie	Família	Estratos	Quantidade
<i>Abuta grandifolia</i> (Mart.) Sandwith	Menispermaceae	Herbáceo	1
<i>Abuta panurensis</i> Eichler	Menispermaceae	Herbacea	2
<i>Abuta rufescens</i> Aubl.	Menispermaceae	Herbacea	1
<i>Ampelocera edentula</i> Kuhl	Ulmaceae	Arbustivo	1
<i>Andira micrantha</i> Ducke	Fabaceae	Arbusto	1
<i>Aniba panurensis</i> (Meissn.) Mez	Lauraceae	Arbusto	1
<i>Apeiba echinata</i> Gaertner	Malvaceae	Arbóreo	1
<i>Asplundia xiphophylla</i> Harling	Bignoniaceae	Arbóreo	1
<i>Astrocarium gynacanthum</i> Mart.	Arecaceae	Herbacea	3
<i>Attalea maripa</i> (Aubl.) Mar.t*	Arecaceae	Herbacea	1
<i>Attalea maripa</i> (Aubl.) Mart.	Arecaceae	Herbacea	1
<i>Bocageopsis multiflora</i> (Mart.) R.E.Fr	Annonaceae	Herbacea	2
<i>Calathea altissima</i> Horan*	Maranthaceae	Herbacea	2
<i>Calathea altissima</i> Horan	Maranthaceae	Herbacea	1
<i>Calliandra tenuiflora</i> Benth.	Fabaceae	Arbusto	1
<i>Calophyllum aff. brasiliensis</i> Cambess	Calophyllaceae	Arbusto	1
<i>Casimirella rupestris</i> (Ducke) Howard	Icacinaceae	Herbacea	1
<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i> (Pierre)	Sapotaceae	Herbacea	1
<i>Compsonaura ulei</i> Warb.	Myristicaceae	Subarbustiva	1
<i>Costus aff. arabicus</i> L.	Costaceae	Herbacea	1
<i>Couratari stellata</i> A.C.Sm	Lecythidaceae	Arboreo	1
<i>Davilla rugosa</i> Poir.	Dileniaceae	Arboreo	1
<i>Deguelia utilis</i> A.C.Sm.	Fabaceae	Herbacea	1
<i>Dicranostyles scandens</i> Benth.	Convolvulaceae	Herbacea	1
<i>Dioclea megacarpa</i> Huber	Fabaceae	Herbacea	1

<b>Espécie</b>	<b>Família</b>	<b>Estratos</b>	<b>Quantidade</b>
<i>Diploptropis triloba</i> Gleason	Fabaceae	Herbacea	1
<i>Duguetia megalocarpa</i> Maas	Annonaceae	Herbacea	1
<i>Eschweilera grandiflora</i> (Aubl.) Sandwith	Lecythidaceae	Arboreo	2
<i>Eschweilera pedicellata</i> (Rich.) S.A.Mori	Lecythidaceae	Arboreo	3
<i>Euterpe precatória</i> Mart.	Arecaceae	Herbacea	4
<i>Ficus amazonica</i> Miq	Moraceae	Arbusto	1
<i>Guatteria foliosa</i> Benth.	Annonaceae	Arbusto	1
<i>Helianthostylis sprucei</i> Baill	Moraceae	Herbacea	1
<i>Heliconia psittacorum</i> L.f	Heliconiaceae	Herbacea	2
<i>Helicostylis scabra</i> (Macbr.) C.C.Berg	Moraceae	Arbusto	2
<i>Hevea guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae	Arbusto	4
<i>Inga bicoloriflora</i> Benth.	Fabaceae	Herbacea	1
<i>Inga edulis</i> Mart.	Fabaceae	Herbacea	1
<i>ingá marginata</i> Willd.	Fabaceae	Herbacea	1
<i>Inga marginata</i> Willd.	Fabaceae	Herbacea	3
<i>Inga rubiginosa</i> (Rich.) DC	Fabaceae	Herbacea	1
<i>Inga thibaudiana</i> DC. ssp. <i>Thibaudiana</i>	Fabaceae	Herbacea	1
<i>Inga umbratica</i> Poepp. & Endl	Fabaceae	Herbacea	1
<i>Iryanthera juruensis</i> Warb.	Myristicaceae	Arbusto	1
<i>Iryanthera laevis</i> Markgr	Myristicaceae	Herbaceo	2
<i>Iryanthera sagotiana</i> Warb.	Myristicaceae	Arbusto	1
<i>Ischnosiphon aff. obliquus</i> (Rudge) Koern	Maranthaceae	Herbacea	1
<i>Ischnosiphon gracilis</i> (Rudge) Koern	Maranthaceae	Herbacea	1
<i>Lacmellea arborescens</i> (Müll.Arg.) Markgr	Apocynaceae	Arbusto	1
<i>Lacmellea gracilis</i> (Müll.Arg.) Markgr.	Apocynaceae	Arbusto	1
<i>Leandra candelabra</i> (J.F.Macbr.) Wurdack	Melastomataceae	Subarbustiva	1
<i>Licania hypoleuca</i> Benth.	Chrysobalanaceae	Herbacea	1
<i>Licania latifolia</i> Benth. ex Hook.f.	Chrysobalanaceae	Herbacea	1
<i>Licania macrophylla</i> Benth.	Chrysobalanaceae	Herbacea	1
<i>Licania sprucei</i> (Hook.f.) Fritsch	Chrysobalanaceae	Herbacea	1
<i>Licaria guianensis</i> Aubl.	Lauraceae	Arborea	1
<i>Machaerium quinata</i> (Aubl.) Sandwith	Fabaceae	Arboreo	1
<i>Mansoa kerere</i> (Aubl.) A.H.Gentry	Bignoniaceae	Arboreo	1
<i>Memora moringiifolia</i> Sandwith	Bignoniaceae	Arboreo	1
<i>Myrcia huallagae</i> McVaugh	Myrtaceae	Arbusto	1




<b>Espécie</b>	<b>Família</b>	<b>Estratos</b>	<b>Quantidade</b>
<i>Myrcia servata</i> McVaugh	Myrtaceae	Herbacea	2
<i>Naucleopsis ulei</i> (Warburg) Ducke ssp. <i>amara</i> (Ducke) C.C.Berg	Moraceae	Subarbustivo	1
<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees) Mez	Lauraceae	Subarbustiva	1
<i>Ocotea longifolia</i> H.B.K.	Lauraceae	Herbacea	1
<i>Ocotea olivacea</i> A.C.Sm	Lauraceae	Subarbustivo	1
<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	Arecaceae	Subarbustiva	3
<i>Olyria latifolia</i> L.	Poaceae	Herbaceo	3
<i>Osteophloeum platyspermum</i> (A.DC.) Warb	Myristicaceae	Arboreo	1
<i>Parkia panurensis</i> Spruce ex H.C.Hopkins	Fabaceae	Arboreo	1
<i>Passiflora coccinea</i> Aubl.	Passifloraceae	Arboreo	1
<i>Passiflora riparia</i> Mart. ex Mast	Passifloraceae	Arboreo	1
<i>Philodendron ornatum</i> Schott	Araceae	Subarbustivo	1
<i>Piper aduncum</i> L.	Piperaceae	Herbaceo	2
<i>Piper demeraranum</i> (Miq.) C.DC.	Piperaceae	Herbaceo	1
<i>Piper paraense</i> (Miq.) C.DC.	Piperaceae	Herbaceo	2
<i>Pouroma aminor</i> Benoist.	Urticaceae	Arboreo	1
<i>Pouroma vilosa</i> Trécul	Urticaceae	Herbaceo	1
<i>Pourouma ferruginea</i> Standl.	Urticaceae	Herbaceo	1
<i>Pourouma minor</i> Benoist.	Urticaceae	Herbaceo	1
<i>Pourouma villosa</i> Trécul	Urticaceae	Herbaceo	3
<i>Pouruma minor</i> Benoist.	Urticaceae	Arboreo	2
<i>Pouruma villosa</i> Trécul	Urticaceae	Arboreo	1
<i>Pouteria macrophylla</i> (Lam.) Eyma	Sapotaceae	Arbusto	1
<i>Pouteria rostrata</i> (Huber) Baehni	Sapotaceae	Arbusto	1
<i>Protium altsonii</i> Sandwith	Burseraceae	Arboreo	1
<i>Protium amazonicum</i> (Cuatrec.) Daly	Burseraceae	Arboreo	2
<i>Protium aracouchini</i> (Aubl.) March.	Burseraceae	Herbaceo	1
<i>Protium cf. rubrum</i> Cuatrec	Burseraceae	Herbaceo	1
<i>Protium decandrum</i> (Aubl.) March.	Burseraceae	Arbusto	3
<i>Protium elegans</i> Engl.	Burseraceae	Herbaceo	1
<i>Protium ferrugineum</i> (Engl.) Engl.*	Burseraceae	Arbusto	4
<i>Protium ferrugineum</i> (Engl.) Engl.	Burseraceae	Arbusto	1
<i>Protium gallosum</i> Daly	Burseraceae	Arbusto	1
<i>Protium hebetatum</i> Daly	Burseraceae	Arboreo	1

<b>Espécie</b>	<b>Família</b>	<b>Estratos</b>	<b>Quantidade</b>
<i>Protium opacum</i> Swart ssp. <i>Opacum</i>	Burseraceae	Arboreo	1
<i>Protium pallidum</i> Cuatrec	Burseraceae	Arboreo	1
<i>Protium strumosum</i> Daly	Burseraceae	Arboreo	1
<i>Protium subserratum</i> (Engl.) Engl.	Burseraceae	Herbaceo	3
<i>Pseudolmedia laevis</i> (Ruiz & Pav.) Macbr	Moraceae	Subarbustivo	2
<i>Psychotria prancei</i> Steyerm.	Rubiaceae	Herbaceo	1
<i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.	Fabaceae	Herbaceo	1
<i>Rinorea macrocarpa</i> (Mart. ex Eichler) Kuntze	Violaceae	Subarbustivo	2
<i>Selaginella amazonica</i> Spring	Selaginellaceae	Herbaceo	1
<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Simaroubaceae	Subarbustivo	1
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Siparunaceae	Arborescente	2
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Siparunaceae	Arborescente	1
<i>Sloanea floribunda</i> Spruce ex Benth.	Elaeocarpaceae	Arbustivo	1
<i>Smilax cf. elastica</i> Griseb.	Smilacaceae	Herbaceo	1
<i>Sorocea guilleminiana</i> Gaudich.	Moraceae	Herbaceo	1
<i>Sorocea ilicifolia</i> Miq.	Moraceae	Subarbustivo	2
<i>Sterculia pruriens</i> (Aubl.) K.Schum	Malvaceae	Arbustivo	1
<i>Swartzia arborescens</i> (Aubl.) Pittier	Fabaceae	Subarbustivo	1
<i>Swartzia corrugata</i> Benth.	Fabaceae	Herbaceo	1
<i>Swartzia polyphylla</i> DC.	Fabaceae	Herbaceo	1
<i>Syagrus inajai</i> (Spruce) Becc	Arecaceae	Arbustivo	3
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Anacardiaceae	Arboreo	2
<i>Tetragastris panamensis</i> (Engl.) Kuntze	Burseraceae	Herbaceo	2
<i>Theobroma sylvestre</i> Mart.	Malvaceae	Arbusto	6
<i>Tontelea fluminensis</i> (Peyr.) A.C.Sm	Celastraceae	Herbaceo	1
<i>Toulicia pulvinata</i> Radlk	Sapindaceae	Subarbustivo	1
<i>Trichilia cipo</i> (A.Juss.) C.DC.	Meliaceae	Arbusto	1
<i>Trichilia micrantha</i> Benth.	Melastomataceae	Arbusto	2
<i>Trymatococcus amazonicus</i> Poepp. & Endl	Moraceae	Subarbustivo	1
<i>Virola calophylla</i> Warb. var <i>calophylla</i>	Myristicaceae	Subarbustivo	1
<i>Virola michelii</i> Heckel	Myristicaceae	Herbaceo	2
<i>Virola Sebifera</i> Aubl.	Myristicaceae	Herbaceo	1
<i>Vochysia vismiaefolia</i> Spruce ex Warm	Vochysiaceae	Arbusto	1
<i>Xylopia sericea</i> A. St Hil	Annonaceae	Arbusto	1

Espécie	Família	Estratos	Quantidade
<i>Zygia racemosa</i> (Ducke) Barneby & J.W.Grimes	Fabaceae	Arbusto	1
Floresta Ombrófila Densa			
Floresta de Campinaranas			
Comum nas duas florestas			

A Floresta Ombrófila Densa possui a maior diversidade de espécies em relação as Campinaranas, demonstrando que em um processo de resiliência ecológica, a regeneração é limitada quando muitos elementos da estrutura inicial foram retirados. As espécies comuns nas duas áreas são descritas no Quadro 4.6.

Quadro 4.6 – Espécies comuns a Floresta Ombrófila Densa e Campinaranas

Espécies	Imagem	Características
<i>Attalea maripa</i>		Segundo Pires et al. (2016), a <i>Attalea maripa</i> (Aubl.) Mart. (inajá), da família Arecaceae, com vasta ocorrência na Amazônia e que se desenvolve naturalmente em florestas secundárias e em pastagens, apresentando, portanto, grande potencial para a recuperação de áreas degradadas, seja na forma de monocultivo ou de sistema silvopastoril.
<i>Calathea altissima</i> Horan		De acordo com Costa et al. (2008) a <i>Calathea altissima</i> é uma erva grande, até 1,5 m, sem caule. Lâmina foliar até 50 x 20 cm, elíptica, dura, sem pêlos. Face superior verde escuro, face inferior verde acinzentado, nervura principal amarela. A base forma um “V” pronunciado. Ocorre de maneira dispersa em solos pobres, em qualquer posição topográfica, não formando populações locais densas.
<i>Protium ferrugineum</i>		Segundo Daly e Fine (2011) o <i>Protium ferrugineum</i> está amplamente distribuído na Amazônia ao norte do Rio Amazonas. É ecologicamente versátil, encontrado em florestas de grande porte e úmida e em solo argiloso ou argilo arenoso.

Dentre as espécies comuns, destaca-se a *Attalea maripa*, essa vegetação é típica de áreas regeneradas, demonstrando o aspecto das Campinaranas em relação a resiliência ecológica. Em geral, destaca-se na Floresta Ombrófila Densa árvores de grande porte, e nas Campinaranas, de pequeno porte, contudo as espécies comuns à área demonstram uma singela conexão.

Na Figura 4.2, é possível observar que a quantidade de espécies na Floresta Ombrófila Densa é superior e que há poucos pontos nos quais se identificam espécies semelhantes nas duas áreas, os quais foram identificados no Quadro 4.6.

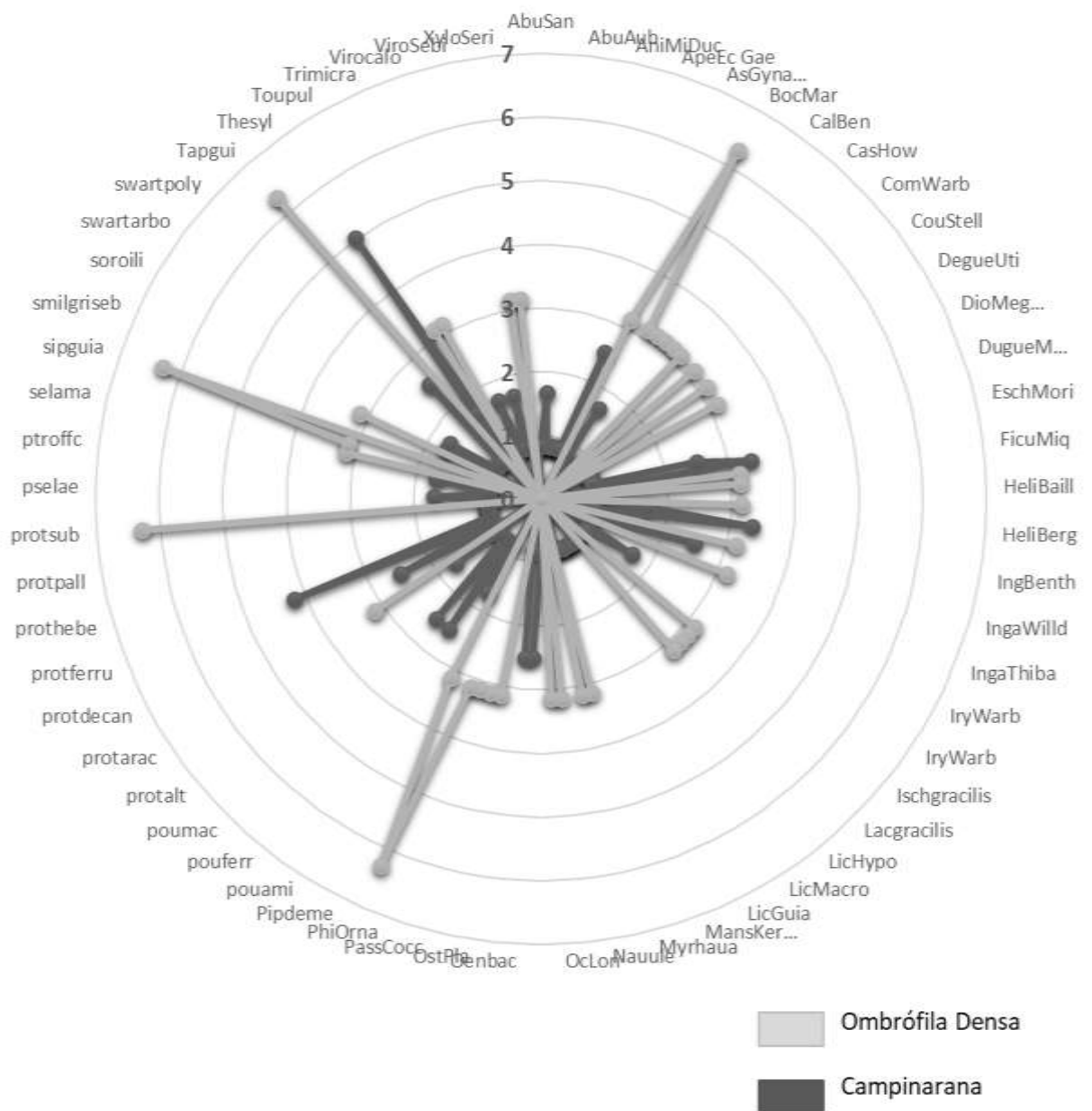


Figura 4.2 - Distribuição da vegetação em áreas de Floresta Ombrófila Densa e Campinaranas.

A partir dos dados, observa-se que as Campinaranas possuem sua própria característica ambiental que, além do solo, destaca-se por conter aspectos vegetais diferenciados dentro da Amazônia. As espécies são em grande parte endêmicas e com características únicas e diferenciadas da Floresta Densa. Tal fato demonstra que as mudanças ambientais, mesmo mediante ao processo de resiliência ecológica, direcionam para a construção de novas paisagens, que são resultados de perturbações demasiadas no sistema ambiental..

#### **4.1.3 Variável Relevo**

O relevo apresenta elevações até 150 metros; contudo, a classe de altitude predominante é 100-150 m. Em relação à distribuição das tipologias vegetais que foram identificadas a partir das imagens do *Google Earth*, observa-se que há um padrão no qual as Campinaranas estão localizadas em relevos até 100 m, com predominância em terrenos abaixo de 50 m. Por outro lado, as Florestas Ombrófilas Densas ocorrem em todas as elevações do terreno (Figura 4.3).

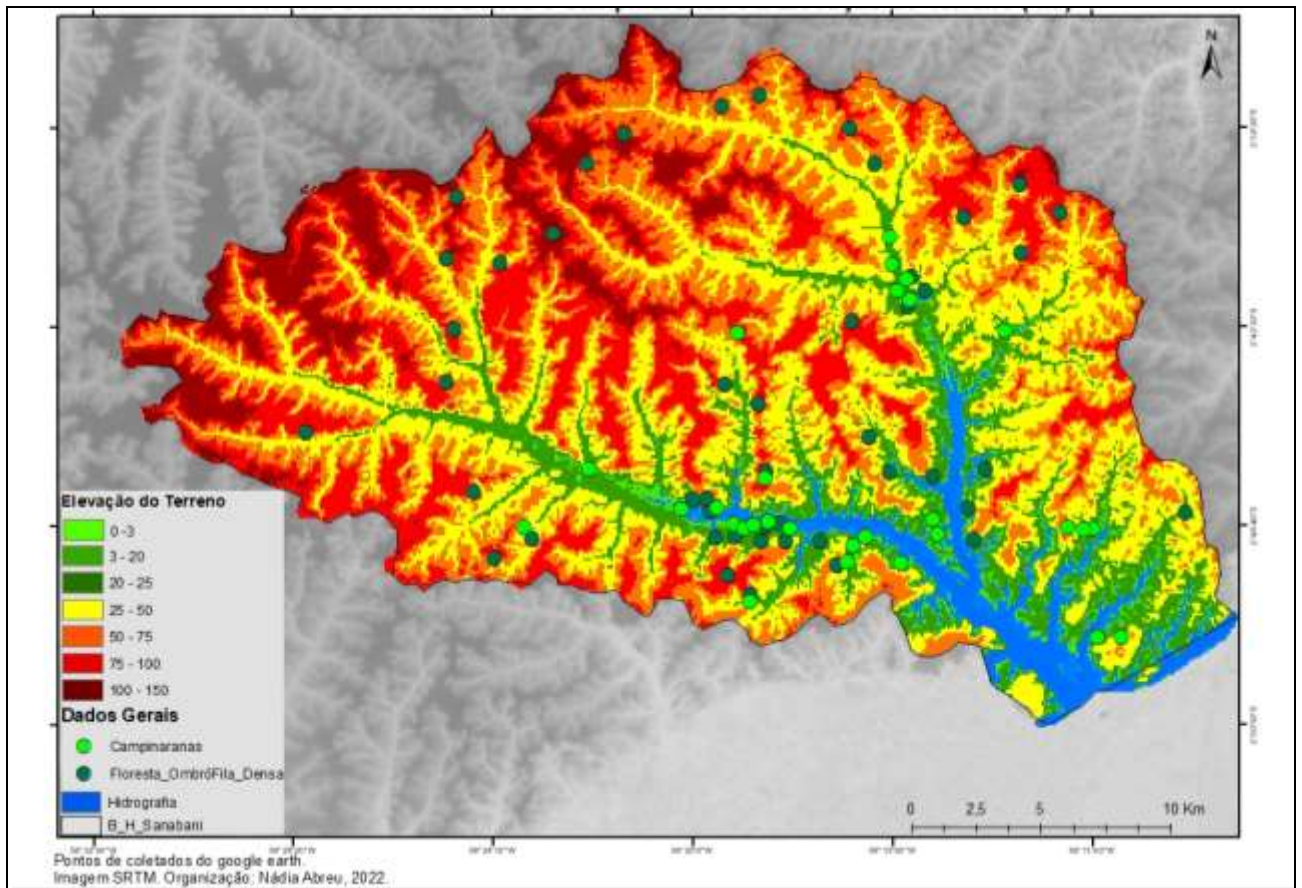


Figura 4.3 – Inclinação do terreno e tipologias vegetais. Fonte: Bases de dados do IBGE, 2010.

O terreno tem inclinações até 20°, mas predomina as inclinações até 4°. Não se observa padrões diferenciados da distribuição das tipologias vegetais com a inclinação do terreno (Figura 4.4).

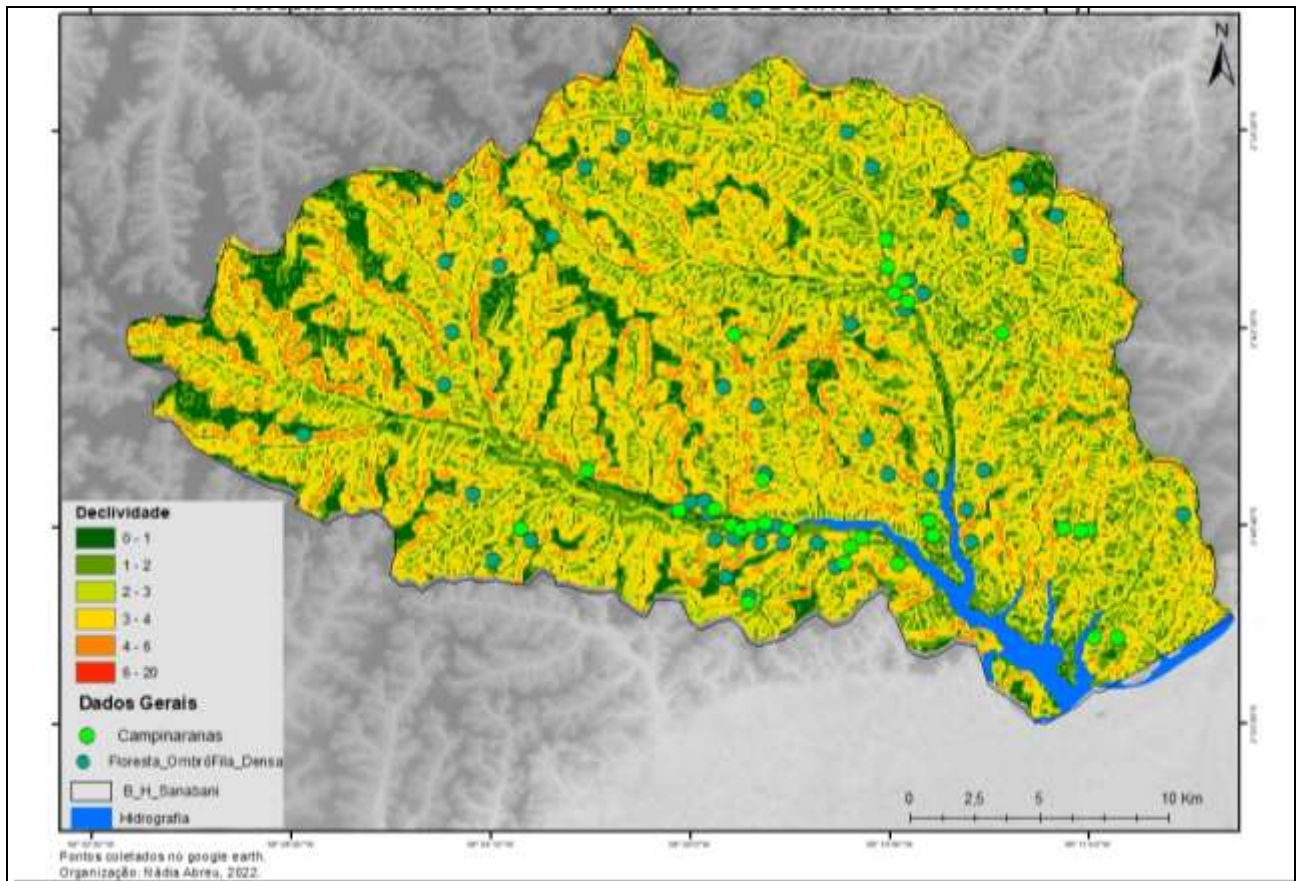


Figura 4.4 – Declividade e tipologias vegetais. Fonte: Base de dados do IBGE, 2010.

Em relação a formação geológica, predominantemente, as Campinaranas identificadas estão distribuídas na Formação Alter do Chão, assim como a Floresta Ombrófila Densa, mas com algumas partes em Cobertura Detrítica (Figura 4.5).

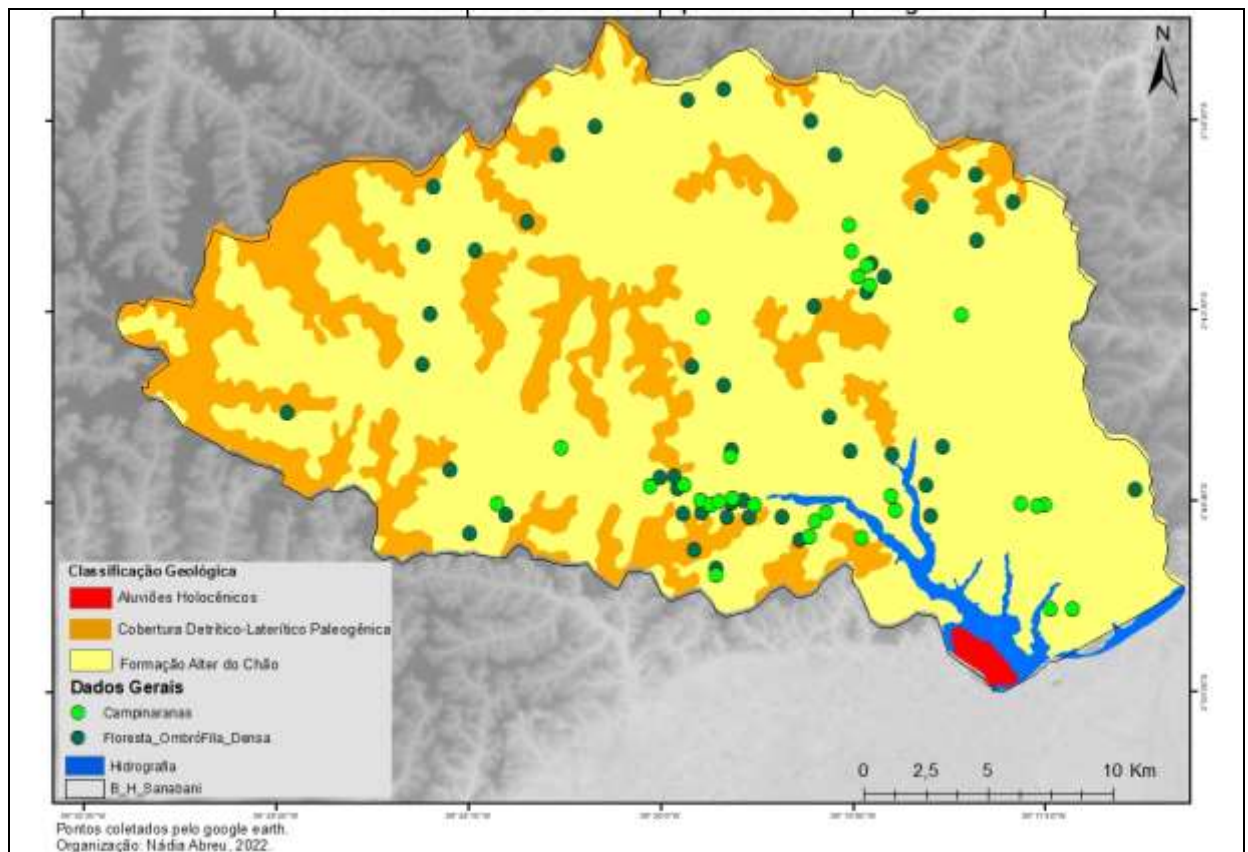


Figura 4.5 – Geologia e tipologias vegetais. Fonte: Base de dados do IBGE, 2010.

Em síntese, a elevação do terreno apresenta influência no surgimento das Campinaranas, principalmente em terrenos com menos de 50 m de altitude, assim como a preferência pela origem geológica da Formação Alter do Chão.

#### 4.1.4 Hidrografia

Em relação a hidrografia, os regimes fluviais influenciam as mudanças na paisagem em locais com o solo exposto. De um modo geral, observa-se Campinaranas próximo a fluxos d' água, contudo há, com menor predominância, Campinaranas em localidades distantes do ponto de inundação do rio. Observa-se que terrenos mais rebaixados, juntamente a fluxos d'água, possuem as maiores concentrações de Campinaranas (Figura 4.6).

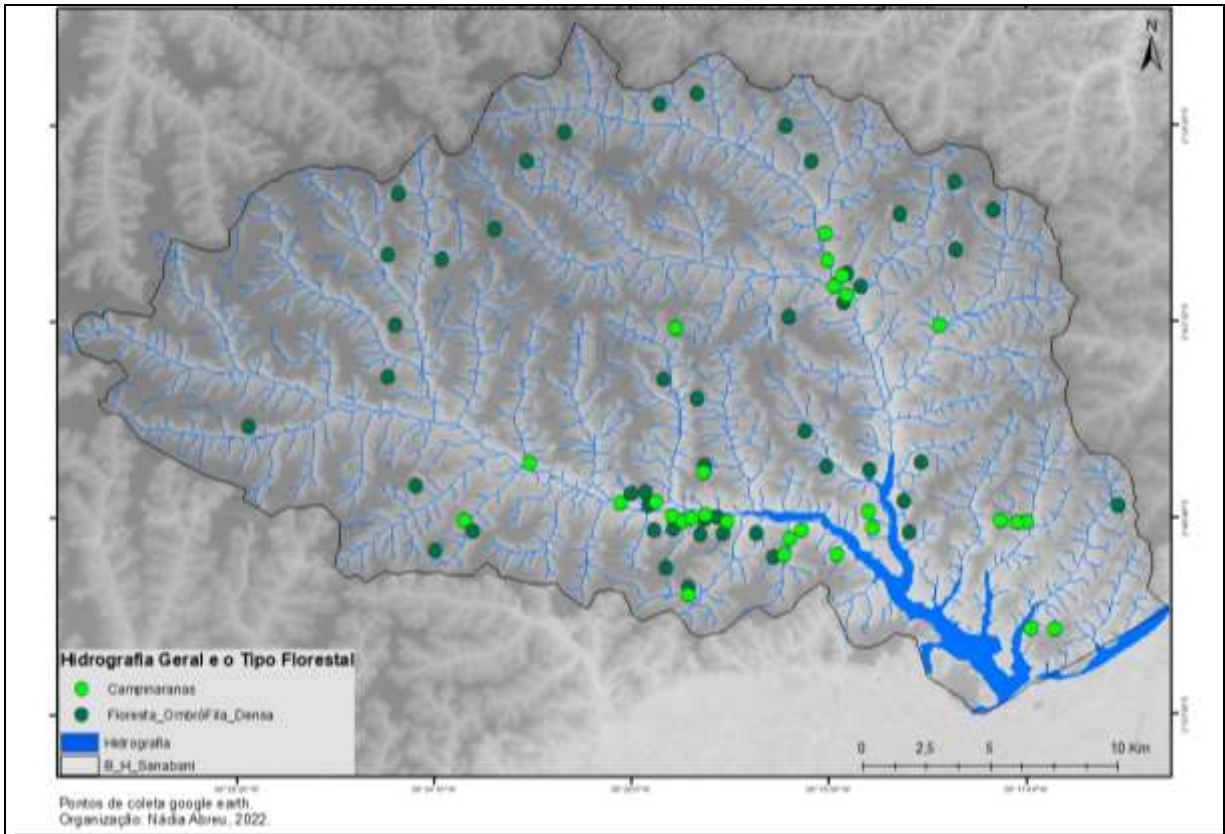


Figura 4.6 – Hidrografia e tipologias vegetais: Fonte: Rede hidrográfica extraída da imagem SRTM.

Segundo dados de coleta, a área de estudos possui turbidez de 1,5 UNT (Unidade Nefelométrica da Turbidez). De acordo com os padrões da Conama, esse é um resultado que permite compreender que há poucos materiais sólidos na água, uma vez que essa numeração é considerada adequada até 100 UNT.

Dados da Secretaria Estadual do Meio Ambiente (Sema) revelam que o Rio Itabani, que está na da bacia hidrográfica Sanabani, possui turbidez em valores que foram de 12 a 49 UNT. Uma variação maior que a da coletada no Rio Sanabani, contudo ainda distante de alcançar um grande potencial em materiais sólidos (dados completos no anexo 7).

## **4.2 Identificação da relação das florestas de Campinaranas com a tendência natural da resiliência ecológica**

O alcance desse objetivo foi possível a partir das metodologias descritas no subcapítulo 3.2, o qual analisou a variável antrópica a partir dos níveis de intervenção na natureza, utilizando-se de imagens de satélite e análise periódica do desflorestamento. Além do mais, utilizou-se questionários que consideram a vivência dos moradores, no qual procurou-se indagá-los sobre a percepção de mudanças no ambiente. Foi realizada classificação de imagens do uso de solo e identificação dos padrões pluviométricos, umidade e temperatura. Todos esses dados foram analisados de forma comparativa, considerando alterações, áreas regeneradas e intervenções que dificultam a resiliência ecológica de forma temporal.

### **4.2.1 Variável Antrópica**

A dinâmica da interferência antrópica foi obtido a partir da análise comparativa entre a Floresta Densa e de Campinaranas. Observou-se que as Campinaranas estão nas áreas com maior influência antrópica. A identificação foi realizada com os recursos do *Google Earth*, contudo, as áreas com vegetação densa, dificultam a identificação das áreas de Campinaranas e alguns casos só foram possível identificar em pesquisa de campo (Figura 4.7).

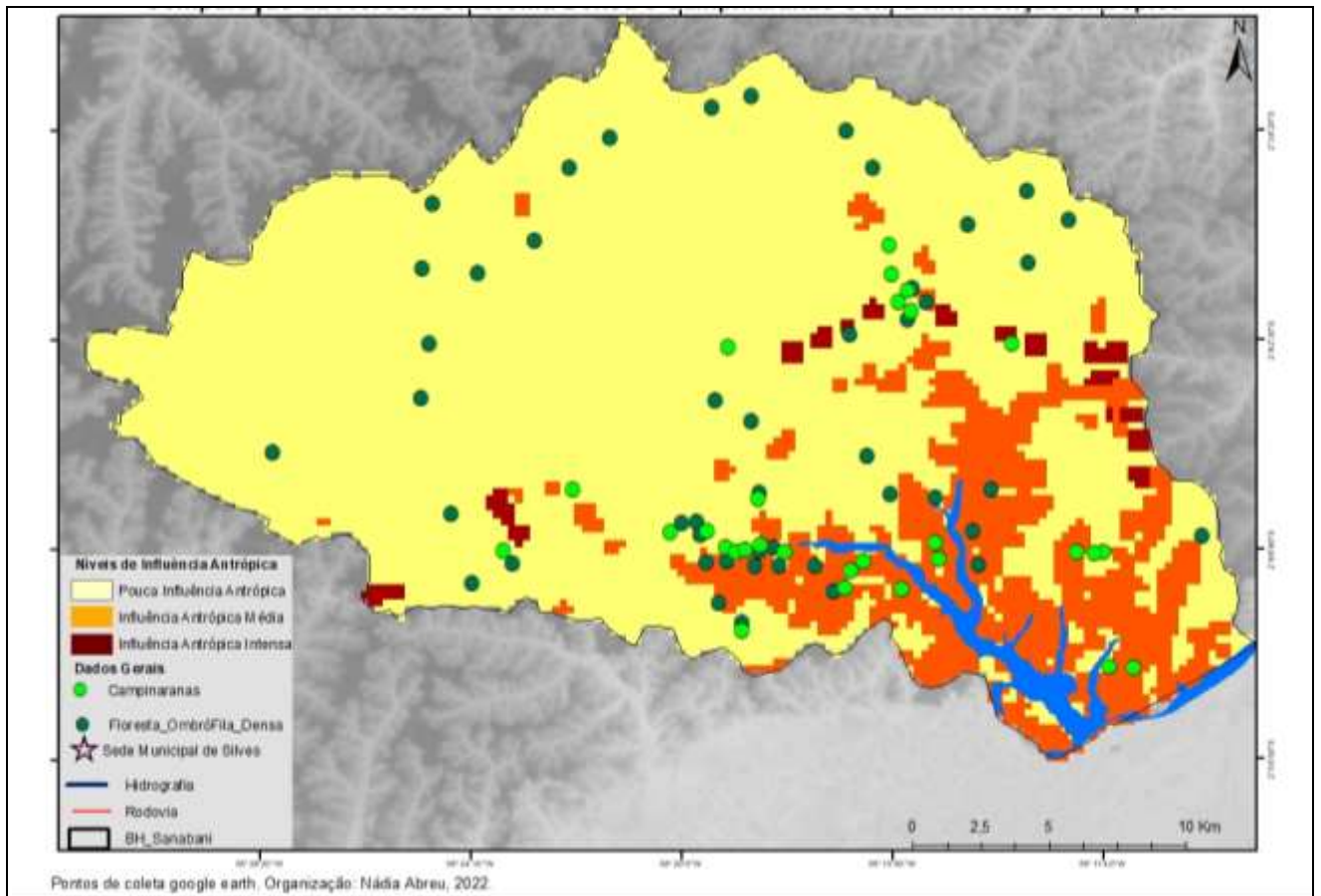


Figura 4.7 – Intervenção antrópica e tipologias vegetais. Fonte: autora, 2022.

#### 4.2.1.1 Análise Temporal

Dentre os processos antrópicos, o desmatamento é uma das ações que mais influencia as mudanças ambientais. Por isso, procurou-se compreender como funciona o tempo de regeneração de uma área desflorestada, a partir de 6 áreas de amostra, coletadas com o auxílio do *Google Earth*. A partir da identificação das áreas, foi realizado um levantamento histórico da perturbação e regeneração dos ambientes. A análise foi realizada tanto com o auxílio das imagens históricas do *Google Earth*, quanto com as imagens de satélite Landsat e Resourcesat, a partir da composição das bandas 3, 4 e 5, que auxiliam na identificação dos aspectos vegetais e solo, em uma resolução de 30 metros (Figura 4.8).

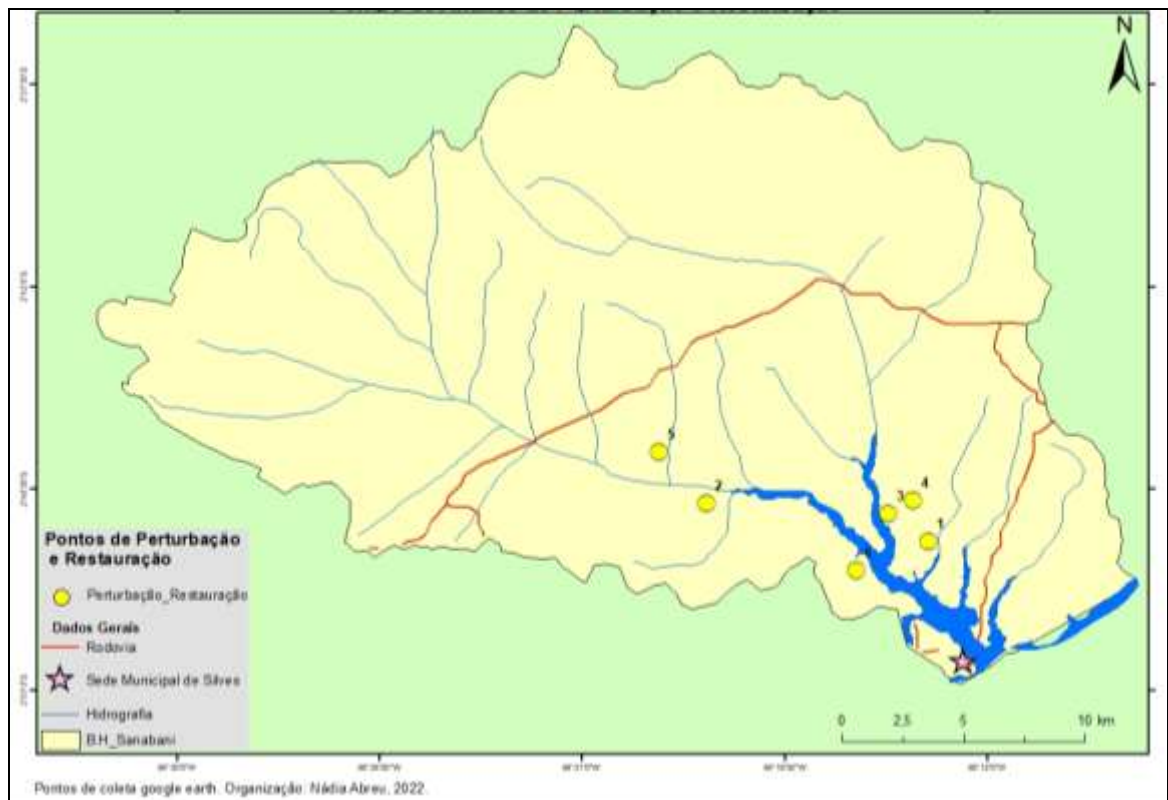


Figura 4.8 – Pontos de perturbação e regeneração identificados no Google Earth. Fonte: autora, 2022.

- **Tempo de Regeneração**

#### Mudanças Temporais da Vegetação na Amazônia Legal

Em uma análise temporal é possível observar que há um padrão. Geralmente em 1 ano após o desmate, é possível haver uma pequena reconstrução da cobertura vegetal. No relatos dos moradores e nas imagens de satélite foi possível perceber alguns padrões similares, denominados de “capoeira” e por volta de 5 a 10 anos é possível perceber aspectos de reconstrução em um padrão florestal.

As imagens da Figura 4.9 demonstram o processo histórico após o desflorestamento no ambiente. Observa-se que de 2002 a 2013 o solo está totalmente sem vegetação, mas em 2018 observa-se uma reconstrução vegetal mantendo-se até 2021 com os aspectos de características florestais.

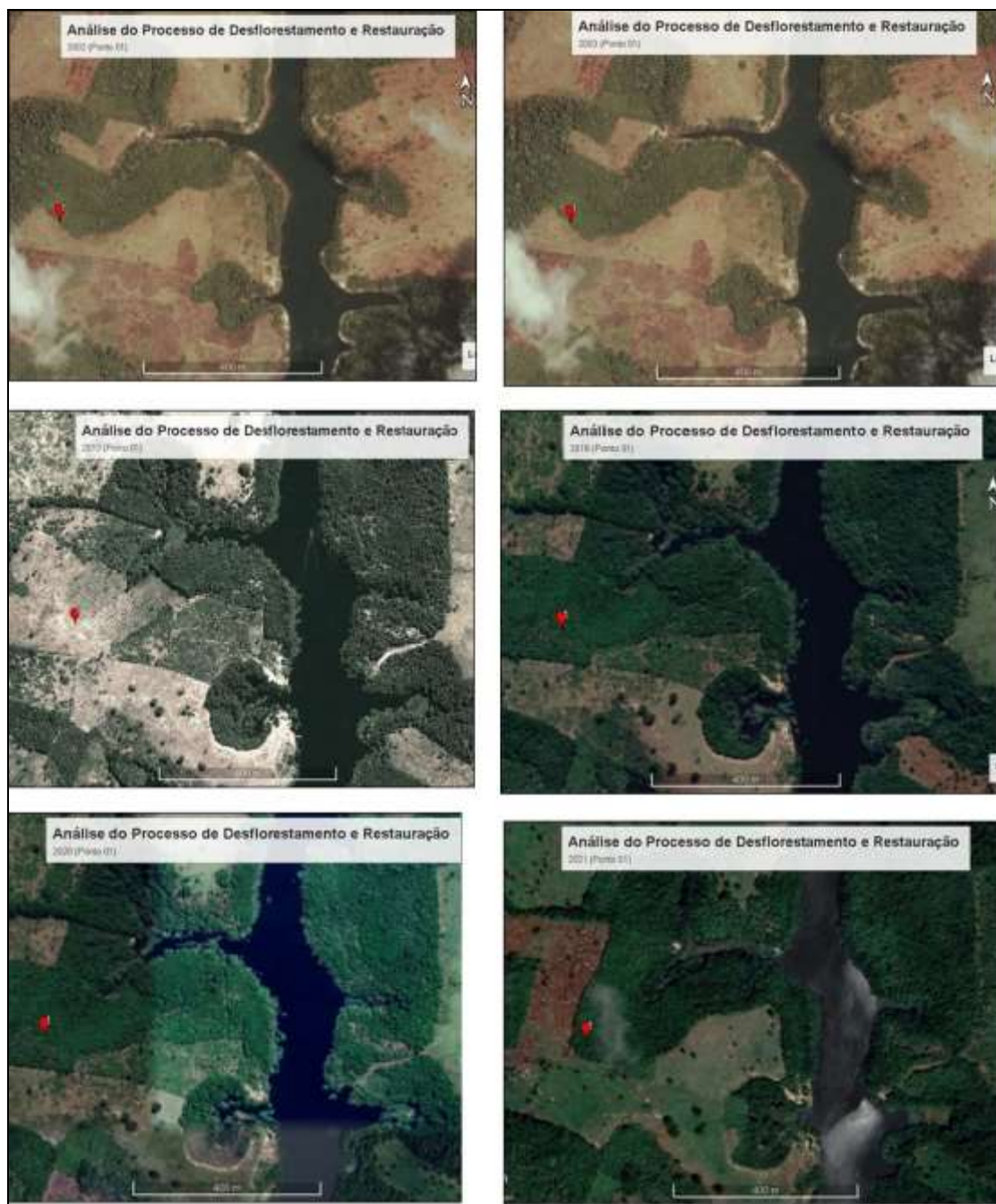


Figura 4.9 – Perturbação e regeneração do ponto 1. Fonte: Google Earth, 2022.

As imagens da Figura 4.10 apresentam padrões diferenciados da anterior, com aspectos de maior perturbação com uma pequena reconstrução vegetal em 2018, que desaparece em 2020, sendo novamente reconstruída em 2021. Essa análise permite observar, a partir da dinâmica de 2020 e 2021, que em um ano a vegetação rasteira se reconstrói, mas que a constante intervenção no ambiente dificulta a reconstrução.



Figura 4.10 – Perturbação e regeneração do ponto 2. Fonte: Google Earth, 2022.

As imagens da Figura 4.11 permitem verificar que, de 2002 a 2013, o ambiente passou por reconstrução, obtendo uma pequena retirada em 2018, mas reconstruindo-se novamente em 2020 e apresentando-se em 2021 totalmente regenerada, com somente algumas áreas apresentando uma vegetação de menor porte, ou seja, ainda em regeneração.



Figura 4.11 – Perturbação e regeneração do ponto 3. Fonte: Google Earth, 2022.

A Figura 4.12 demonstra que o desflorestamento ocorreu em 2016, mas que em 2020 e 2021 tem uma pequena reconstrução de vegetação rasteira.

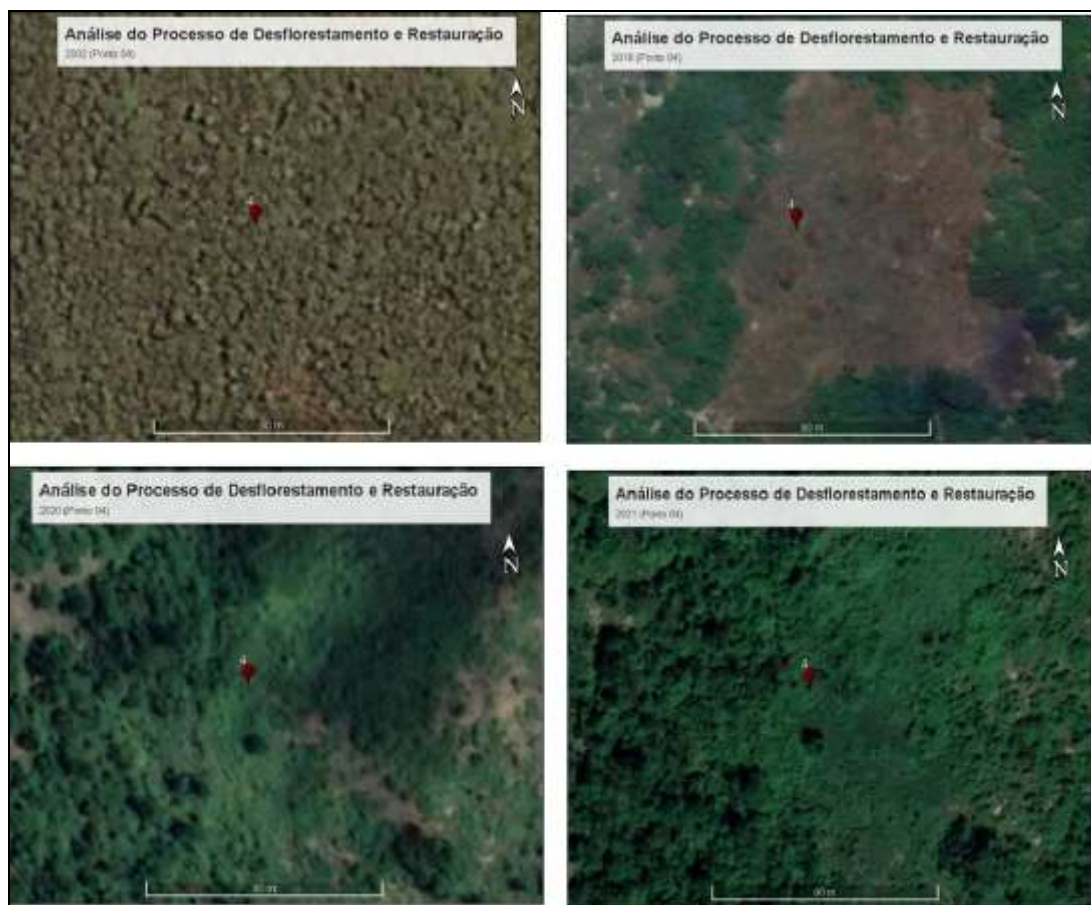


Figura 4.12 – Perturbação e regeneração do ponto 4. Fonte: Google Earth, 2022.

A Figura 4.13 demonstra que em 2003 a área era coberta por vegetação densa e em 2016 apresenta-se como em uma floresta em reconstrução, mantendo-se assim até a última imagem verificada de 2020.



Figura 4.13 – Perturbação e regeneração do ponto 5. Fonte: Google Earth, 2022.

A Figura 4.14 revela um padrão de perturbação e regeneração, onde em 2003 a área está sem cobertura vegetal e em 2011 apresenta-se com área reconstruída. O ano de 2016 revela uma extração no ponto reconstruído e 2020 e 2021 revelam-se com aspectos de área com vegetação recente.



Figura 4.14 – Perturbação e regeneração do ponto 6. Fonte: Google Earth, 2022.

Além das imagens do *Google Earth*, procurou-se delimitar os polígonos dos locais de desflorestamento, a partir dos mesmos pontos da Figura 4.8, para assim realizar um levantamento detalhado e histórico ano a ano (caso houvesse imagens), com um histórico desde 1986 (imagem mais antiga disponível), até as mais atuais. Esse levantamento possibilita perceber a perturbação e regeneração momento a momento e, assim, compreender com mais profundidade a resiliência ecológica nos seus aspectos estruturais e temporais.

Na Figura 4.15 o processo de perturbação e restauração é constante. O desflorestamento iniciou em 1994 e desde então adquiriu proporções maiores; contudo, a partir de 2011 observa-se uma reconstrução da área desflorestada que segue até a última imagem analisada de 2020.

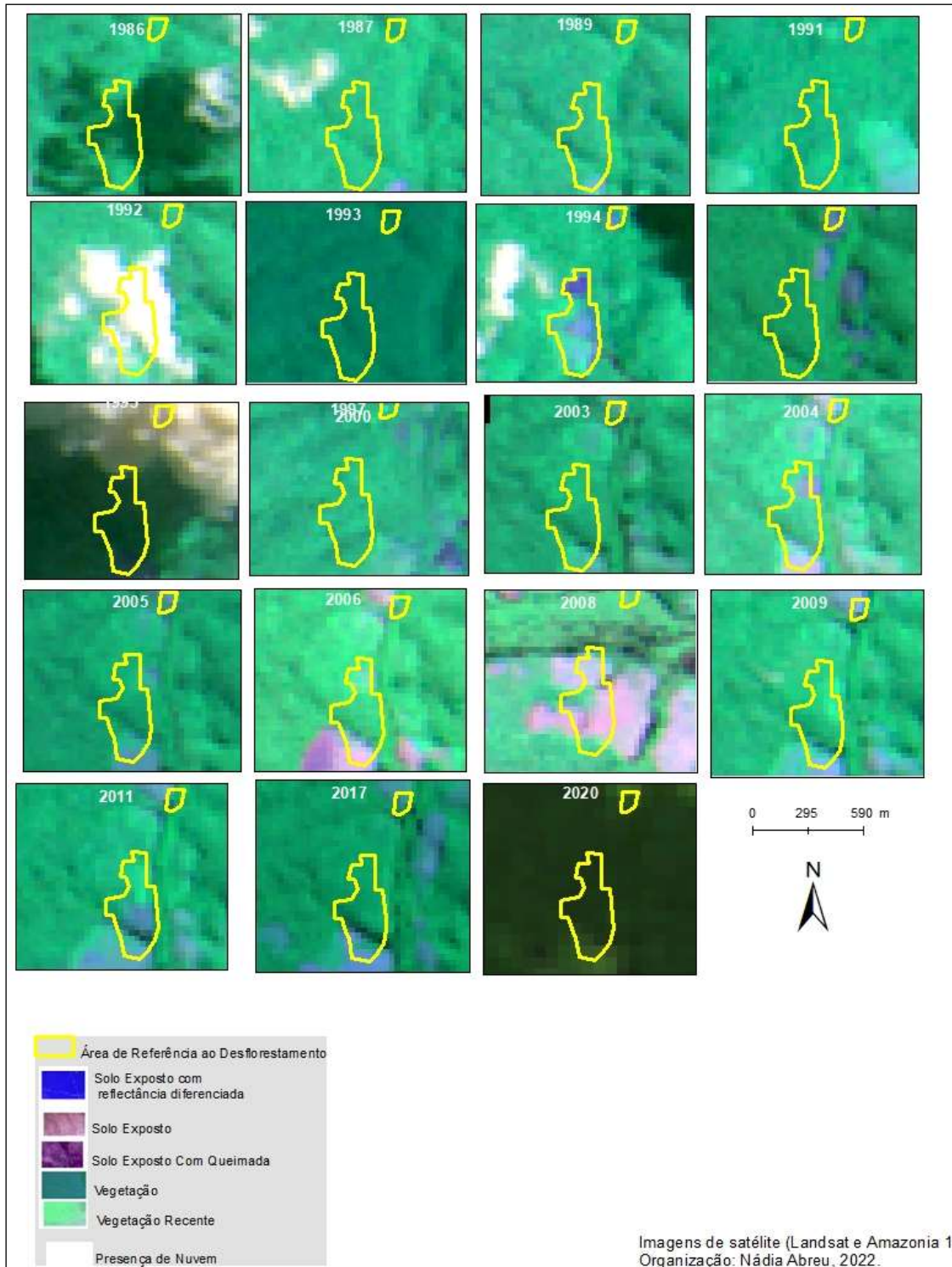


Figura 4.15 – Análise histórica do processo de desflorestamento e de regeneração (Ponto 01).

Fonte: Satélite Landsat e Amazônia1.

Na Figura 4.16 o desflorestamento inicia-se em 1992, atingindo a delimitação do polígono em 1993. Em 1994 percebe-se uma reconstrução vegetal e em 1991 verifica-se o desflorestamento em áreas adjacentes ao polígono em grandes proporções, mantendo-se até 2015, com uma pequena reconstrução em 2016, onde em 2017 retorna com algumas áreas degradadas, e novamente uma redução em 2020.

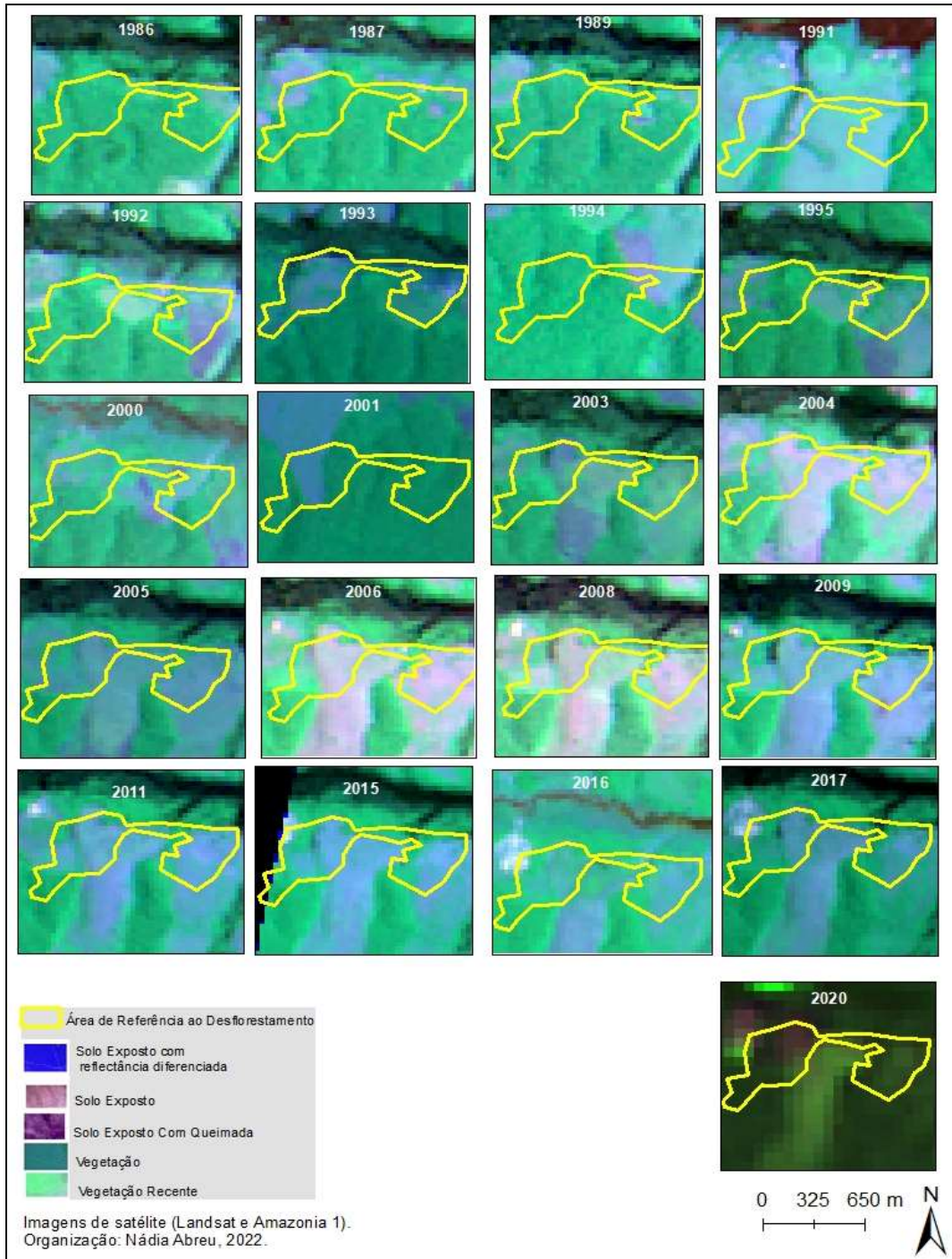


Figura 4.16 – Análise histórica do desflorestamento (Ponto 02) Fonte: Satélite Landsat e Amazônia1.

O desflorestamento da Figura 4.17 tem existência desde 1986, ficando com solo exposto até 2009 e apresentando uma reconstrução em 2011, estando em 2017 totalmente reconstruído dos aspectos naturais.

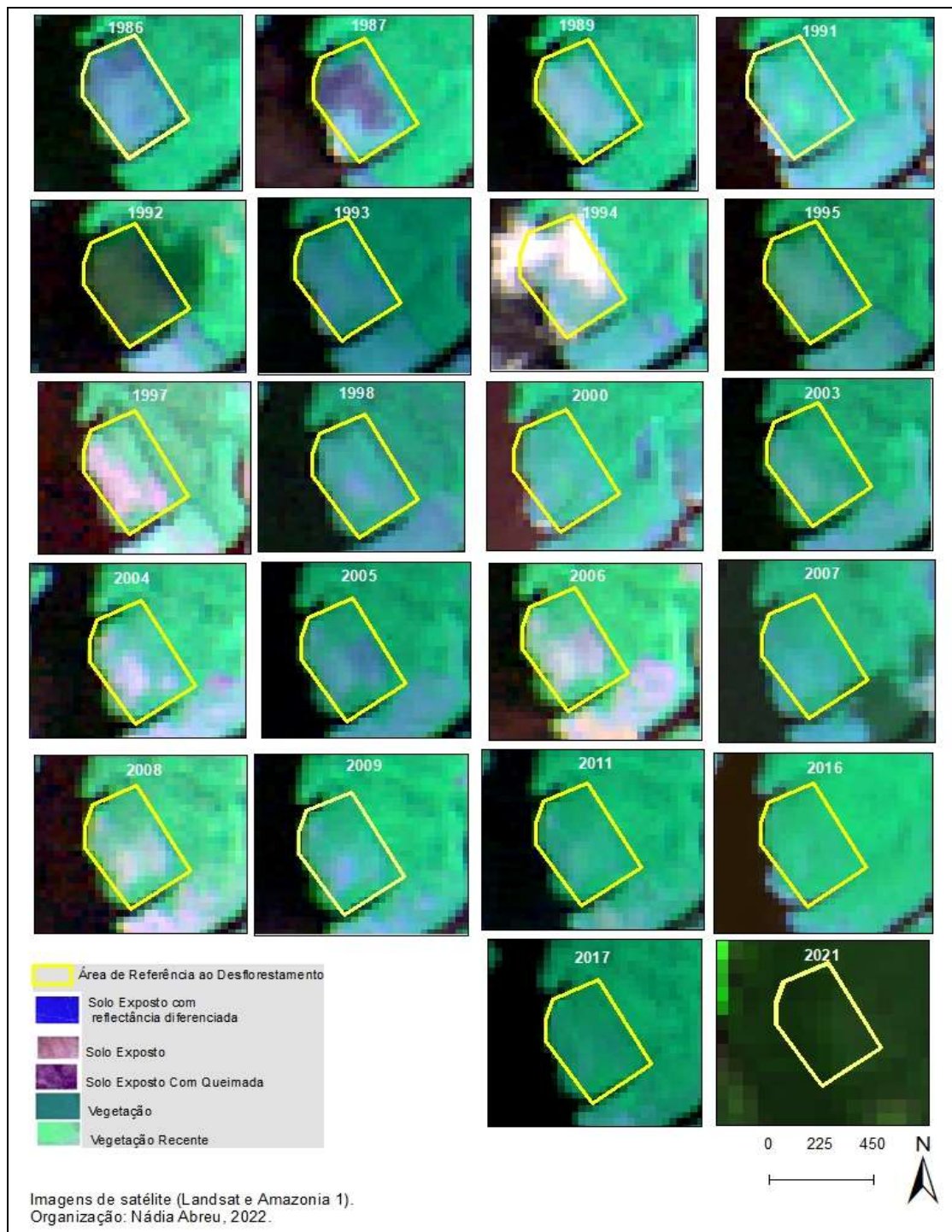


Figura 4.17 – Análise histórica do desflorestamento (Ponto 03). Fonte: Satélite Landsat e Amazônia1.

Figura 4.18 apresenta um desflorestamento desde 1986, mantendo-se constante e com desflorestamento adjacente até 2017, tendo no ano de 2017 uma pequena reconstrução.

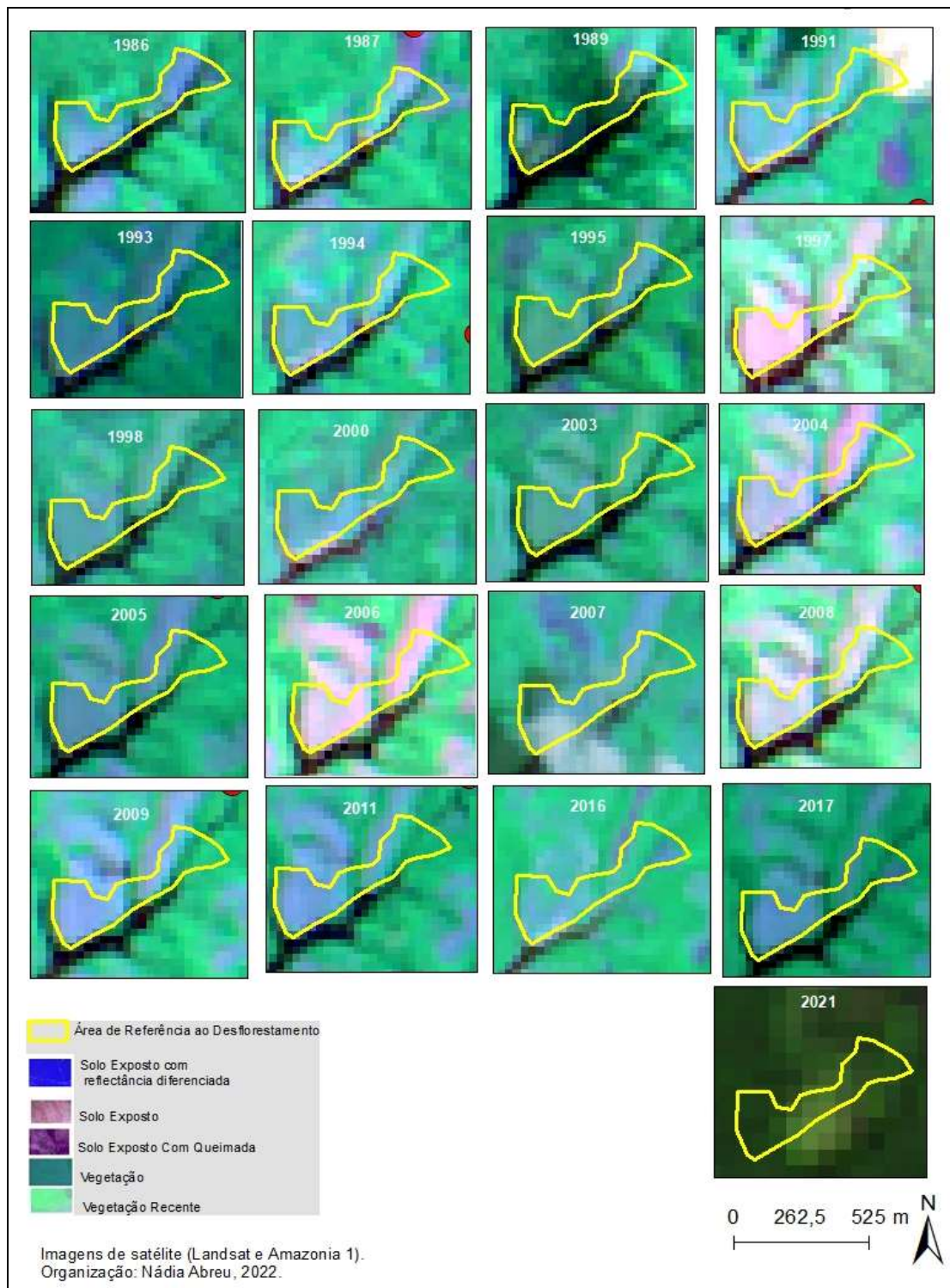


Figura 4.18 – Análise histórica do desflorestamento (Ponto 04). Fonte: Satélite Landsat e Amazônia1.

A imagem 4.19 manteve o desflorestamento de 1986 constante, com aumento em áreas adjacentes e com uma pequena reconstrução em 2017 e 2020.

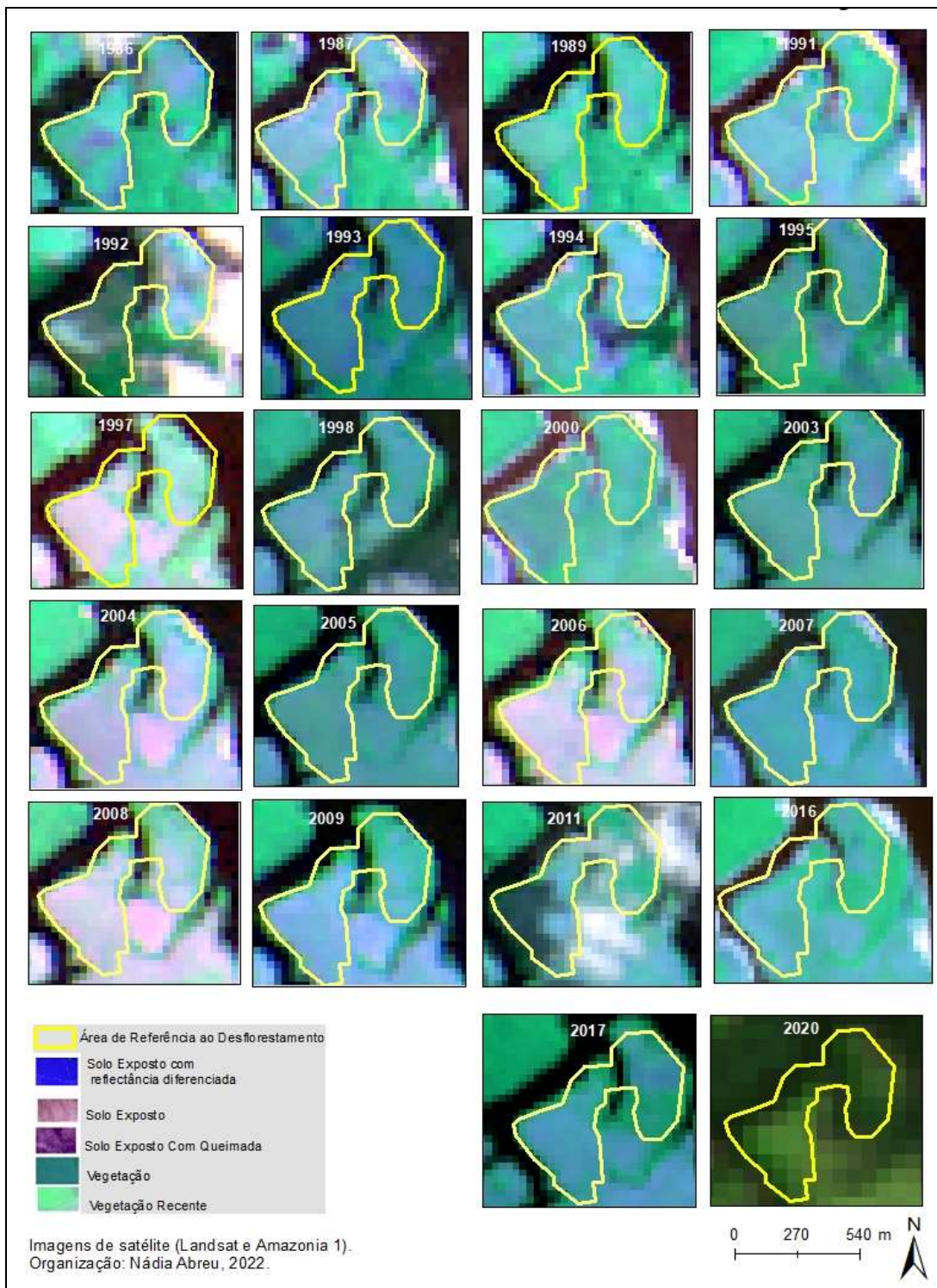


Figura 4.19 – Análise histórica do desflorestamento (Ponto 05). Fonte: Satélite Landsat e Amazônia1.

O desflorestamento nas imagens da Figura 4.20 iniciou em 1986 e obteve um reconstrução em 2000, em 2005 uma área foi novamente desflorestada, mantendo-se até 2017, ano no qual houve novas reconstruções, seguido do ano de 2020.

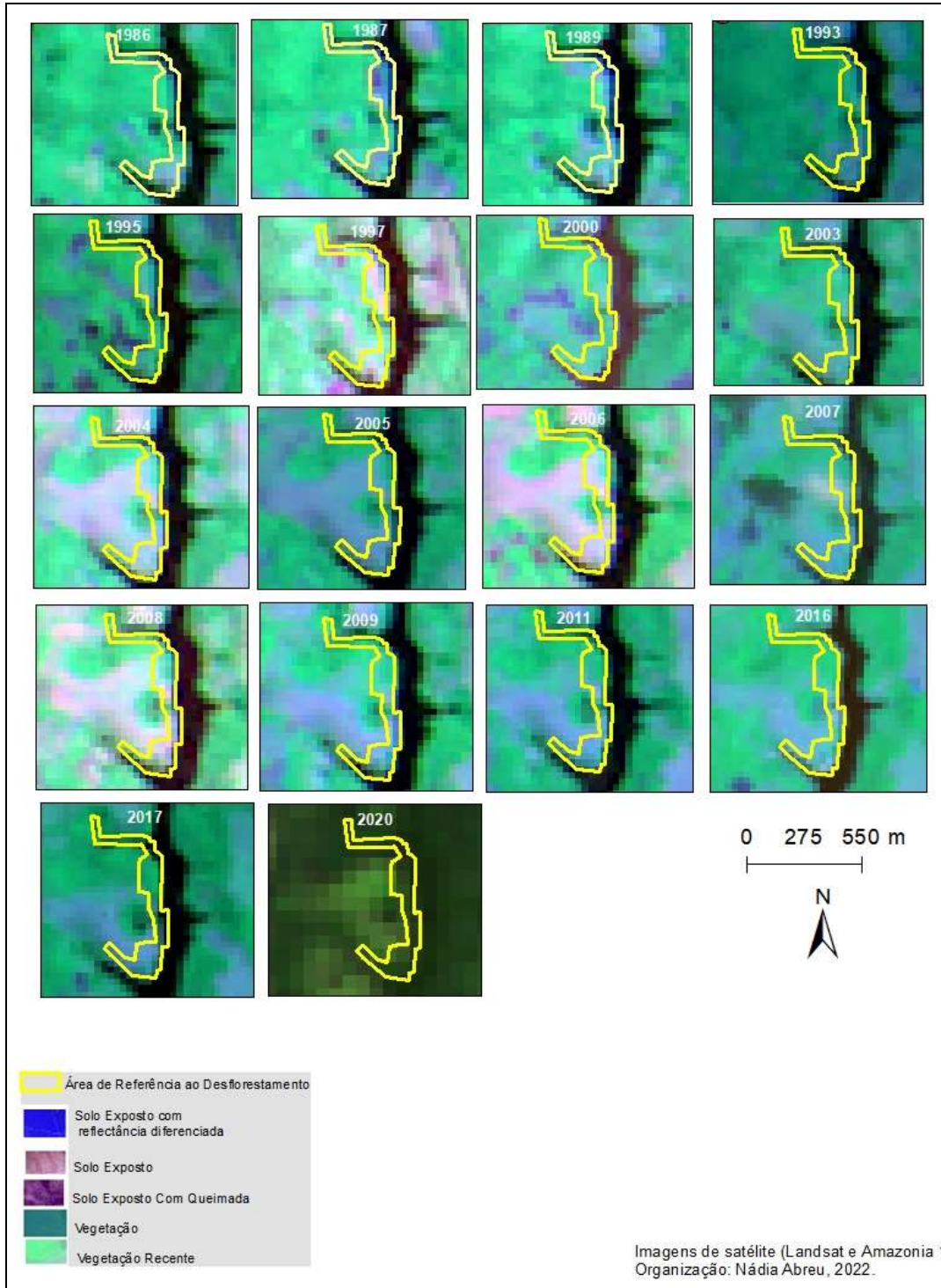


Figura 4.20 – Análise histórica do desflorestamento (Ponto 06). Fonte: Satélite Landsat e Amazônia1.

A análise histórica do desflorestamento e regeneração permitiu compreender a dinâmica da resiliência ecológica e constância de alteração. Locais desflorestados regeneram-se se forem deixados reconstruir-se naturalmente após um desmate.

Apesar de identificados pontos de regeneração, observa-se que a regeneração ocorre em pontos isolados e em pequena escala, quase imperceptíveis. A velocidade da intervenção tem sido maior que a velocidade de regeneração. Nessa realidade, a resiliência na Amazônia, apesar de possível, aponta para uma necessidade de compreensão dos limites e do tempo de reestrutura.

Fatores que limitam a resiliência:

- Área constantemente desmatada, pois em média são necessários 3 a 5 anos para uma regeneração superficial da cobertura vegetal;
- Área com retirada das camadas *solum* (Horizonte O, A, B), pois torna o solo suscetível a erosão;
- Condições do clima diferenciados.

#### **4.2.1.2 Aplicação dos Questionários**

Na região de pesquisa foram identificados vestígios de ocupações antigas com cerâmicas e carvão no solo (Simões e Machado, 1978). Dessa forma, para esta pesquisa, procurou-se identificar a experiência dos moradores locais (pequenos agricultores e comunitários) com a observação direta do ambiente em que vivem.

Foram aplicados questionários abertos com perguntas sobre a paisagem. Tais relatos são repletos de detalhes e confirmam uma forte variação do ambiente de acordo com as alterações condicionadas por fatores antrópicos.

A população local relatou particularidades observadas no cotidiano de um trabalho direto com a natureza. No quadro 4.7 é possível identificar detalhes nas falas dos moradores, destacando-se as mudanças que ocorrem na floresta após uma intervenção

humana, assim como as principais atividades realizadas com os recursos do ambiente e a dependência vital do que é fornecido pela exploração dessas áreas.

Quadro 4.7 - Pesquisa empírica sobre as mudanças na paisagem

Questionário	Comunidades				
	1	2	3	4	5
<b>Atividade Laboral</b>	Bolsa família, roça e venda na feira.	Roçado, criação de gado e aposentadoria	Bolsa família, roçado e caça	Bolsa família, pesca, roça e caça	Bolsa família, roça, caça e pesca
<b>Membros familiares</b>	12	2	7	6	7
<b>Modo de trabalho</b>	Homens vão ao roçado, mulheres ao plantio.	Contrata mão de obra externa.	Os homens roçam e as mulheres cuidam da casa	Todos da família fazem algo.	Os adultos fazem tudo.
<b>Evidenciou a renovação da floresta?</b>	Sim, mas retorna com aspecto diferenciado, um pouco mais aberta.	Sim, como técnico em mineração, observou que apesar do solo pobre, o lençol freático ajuda na renovação da floresta.	Retorna diferente, mais aberta.	Retorna mais aberta.	Retorna mais aberta.
<b>Há outro tipo de trabalho que poderia sustentá-lo?</b>	Não consegue imaginar outro trabalho.	Acredita que poderia ser mais sustentável em suas ações.	Não consegue imaginar.	Não consegue imaginar.	Não consegue imaginar.
<b>Principais dificuldades</b>	Maquinários e a distância geográfica.	Encontrar trabalhadores.	A roça é cansativa e o distanciamento geográfico dificulta a vivência.	Distanciamento geográfico.	Encontrar mais trabalhadores e maquinários.
<b>Qual o período mais difícil para trabalhar?</b>	Na seca.	Não encontra dificuldades nem na seca ou cheia, pois conhece técnicas para ambas as fases.	Na seca.	Na seca.	Na seca.
<b>Tens tudo que precisa?</b>	Não, há muitas dificuldades.	Sim.	Não, falta maquinários.	Sim.	Não, falta equipamentos.
<b>Observou as diferenças nos tipos de solo?</b>	Sim, mas não sabe explicar.	Sim, a erosão é um dos fatores para a diferença.	Sim, mas não sabe explicar.	Sim, mas não sabe explicar.	Sim, mas não sabe explicar.

Os moradores destacam que observam solos diferentes, mas não entendem o motivo. Ressaltam que após a retirada da vegetação, se não houver intervenção no local, a floresta surge um pouco diferenciada, mais aberta, sendo esse ressurgimento denominado de “capoeira”. Esses detalhes, por mais que não sejam específicos de um procedimento científico, possibilitam comparar com os dados analisados.

Além dessas observações, alguns moradores relataram que fazem várias modificações nas paisagens naturais. Um dos entrevistados disse que entendeu que suas atividades causavam impacto, por isso atualmente, por está aposentado, ocupa-se em plantar árvores frutíferas em várias áreas de sua propriedade, que antes era pasto para o gado.

Além das perguntas específicas, foi feita a pergunta: “tens tudo que precisa”? A resposta desses pequenos exploradores foi que sim. Tal pergunta foi realizada para demonstrar que para esse grupo de pessoas, a natureza lhes dar tudo que precisam e não há ambições de maiores bens. Eles são os exploradores diretos para o consumo e pequenas vendas, mas as grandes intervenções são condicionadas por consumidores mais ambiciosos, que não possuem tudo que precisam.

Em uma análise comparativa dos dados obtidos em laboratório e os identificados na fala dos moradores, confirma-se que há similaridades entre o que foi analisado e o que foi evidenciado por observações cotidianas, tanto nas condições do solo, quanto nas mudanças na paisagem.

A floresta tem sofrido mudanças e vem se transformado parcialmente. O principal elemento modificador da paisagem tem sido o ser humano. Não há degradação eternizada, a natureza é condicionada a reestruturar-se a partir dos elementos naturais existentes, ou seja, ela é resistente e procura uma readaptação após o distúrbio (Holling, 1973). Em geral, os habitantes consideram que a floresta passa por muitas renovações e que, dependendo do local, a floresta apresentará aspectos diferenciados, tais como o solo (gráfico dos dados da entrevista com os moradores no anexo 8).

#### **4.2.1.3 Classificação de Imagens**

Realizou-se, a partir de dados do uso do solo sistematizado pelo INPE, uma classificação de imagem que possibilita identificar as principais mudanças no sistema

natural e a dinâmica de perturbação e regeneração. De modo geral, observa-se que a vegetação secundária de 2004 é substituída em 2014 por uma área de floresta e que em 2014, há aumento da vegetação recente, demonstrando que áreas anteriormente desflorestadas foram reconstruídas (Figura 4.20).

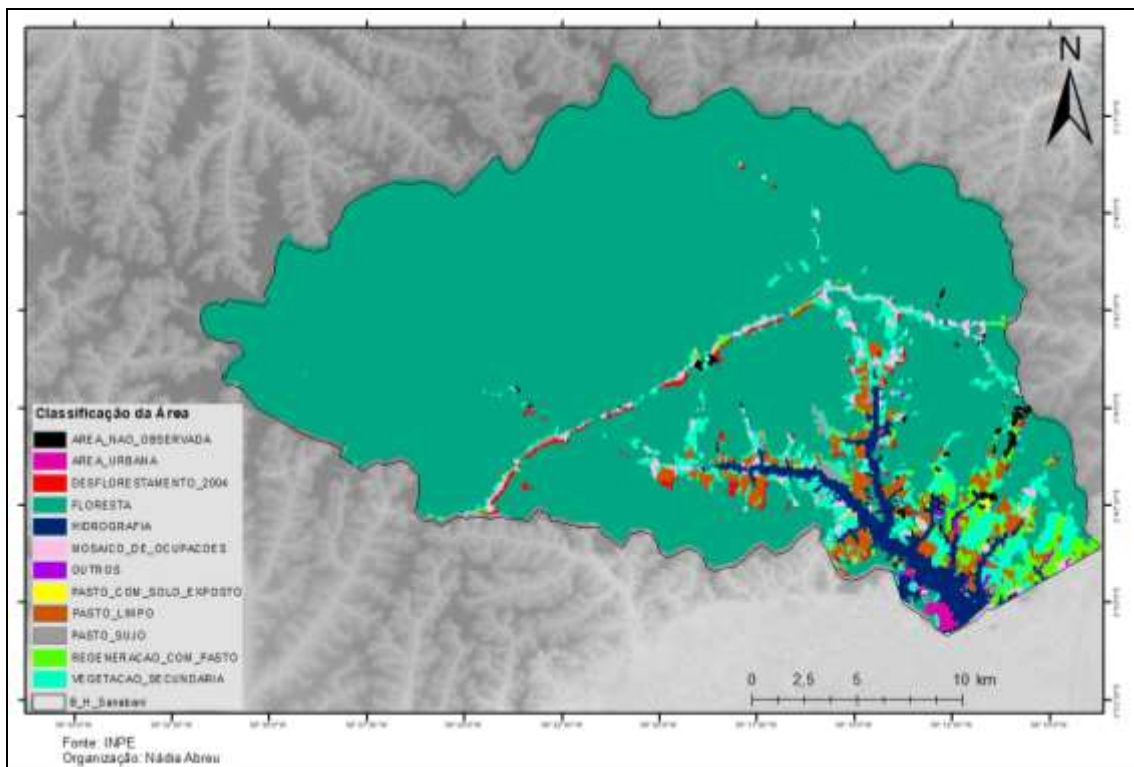


Figura 4.20 – Classificação de imagem; Fonte: INPE, 2004.

A observação da regeneração florestal foi a partir da Figura 4.20 com a Figura 4.21, que revela algumas mudanças históricas na paisagem e o processo de resiliência após um impacto no sistema, tal como a área de regeneração como pasto e regeneração secundária, que em 2004 representavam, respectivamente, 0,33% e 0,4% da área de investigação e em 2014 representava 0,3% da regeneração com pasto e 0,6% da regeneração secundária.

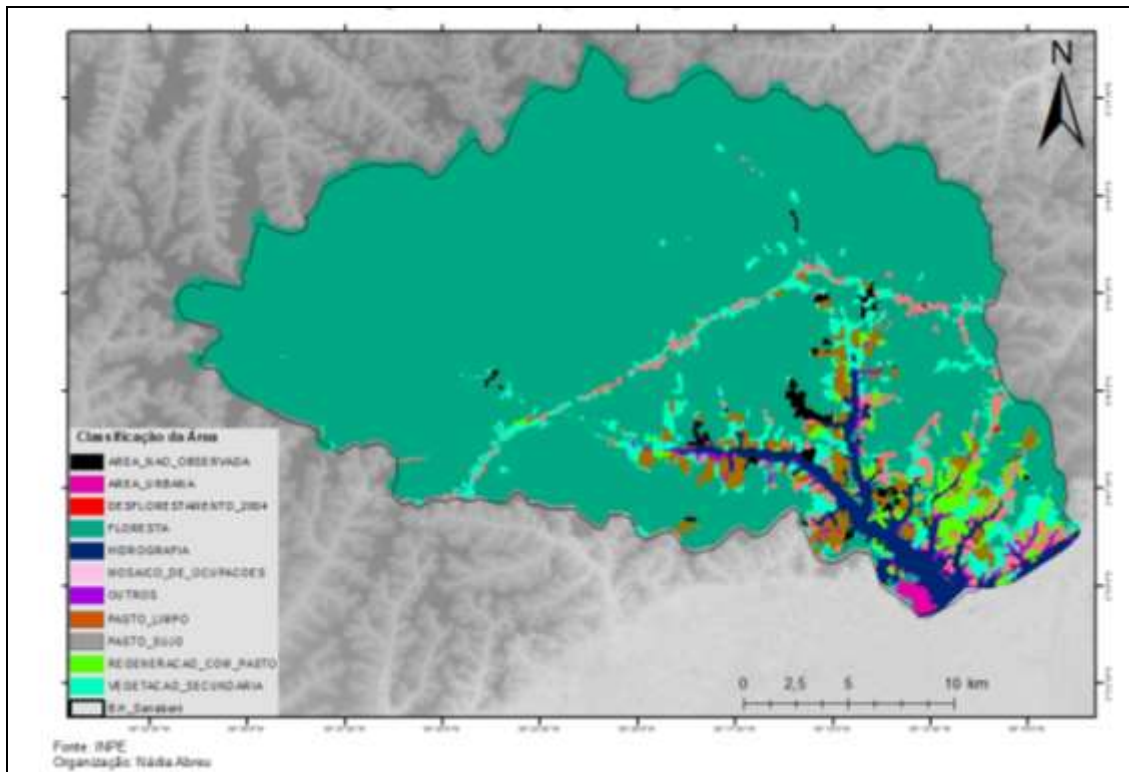


Figura 4.21 – Classificação de imagem; Fonte: INPE, 2014.

As áreas que antes eram vegetação secundária e tornaram-se floresta, revelam o potencial resiliente dos sistemas ecológicos e da necessidade de compreensão dos limites aos ambientes e o funcionamento do processo de reconstrução.

#### 4.2.2 Variável Climática

Os anos de menores índices pluviométricos foram 1997, 2005, 2010 e 2020 e os anos com maiores índices pluviométricos foram 1999, 2006, 2011 e 2021. O menor ano de acumulo de chuva foi em 2010, com menos de 2000 mm e o anos com o maior precipitação acumulada foi 2011, com quase 3500 mm de chuva. Nota-se que, em alguns casos, na sequência de um ano com baixos índices de precipitação, o ano seguinte apresenta índices mais elevados (Figura 4.22).

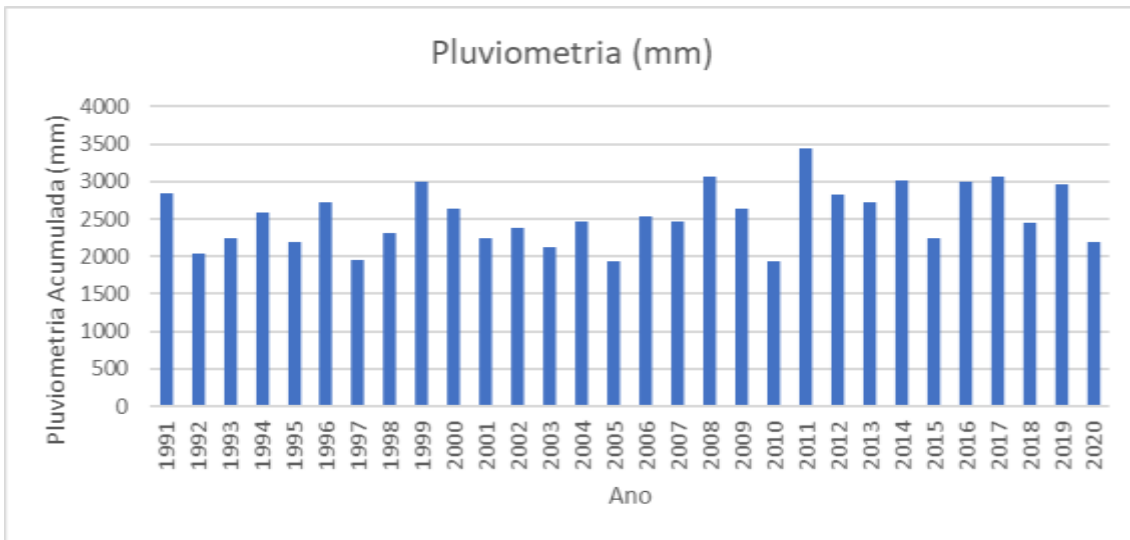


Figura 4.22 - Precipitação anual na área de estudos. Fonte: Inmet, 2022.

A temperatura média anual na região do Rio Sanabani manteve, em quase 30 anos, apresentou uma variação entre 25,5 °C e 28 °C. De um modo geral, a temperatura aumentou. Os anos de 1993, 1994, 2000 e 2008 apresentaram os menores valores em relação aos anos próximos, mas 1993 e 1994 apresentam os menores valores. Os anos de maiores temperatura médias foram 1995, 1997, 2005, 2010 e 2016 (Figura 4.23).

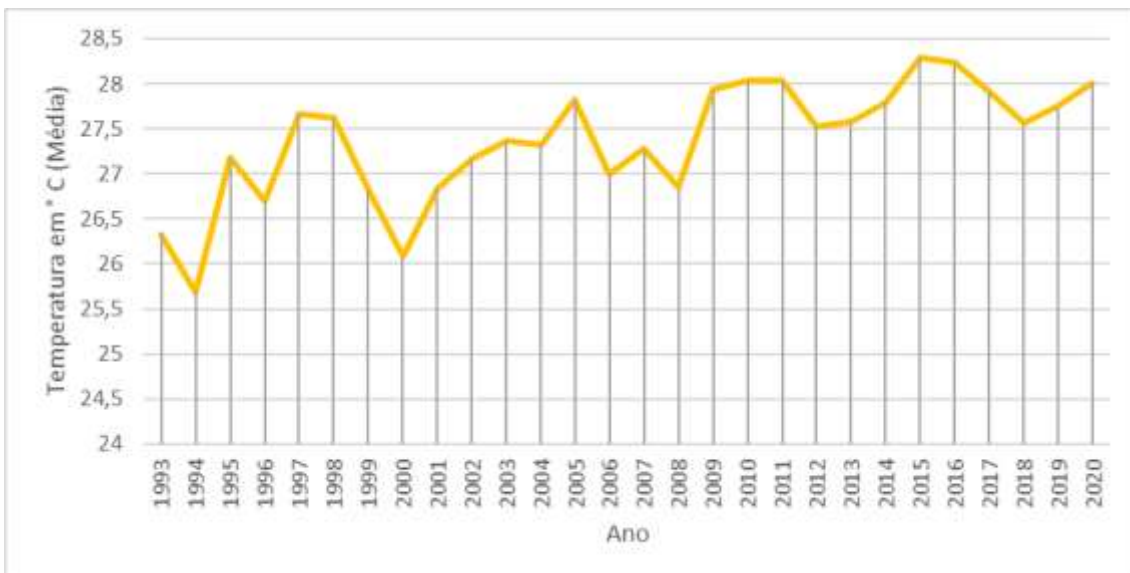


Figura 4.23 - Temperatura média anual (°C) na área de estudos. Fonte: Inmet, 2022.

A umidade do ar da região do Rio Sanabani manteve, nos últimos 30 anos, uma variação média entre 78 % e 88 %. De um modo geral, a umidade do ar tem reduzido, com alguns picos de alta em 2008 e 2015. O ano com menores índices de umidade do ar foi 2009 e o ano de maior umidade no ar foi 1995 (Figura 4.24).

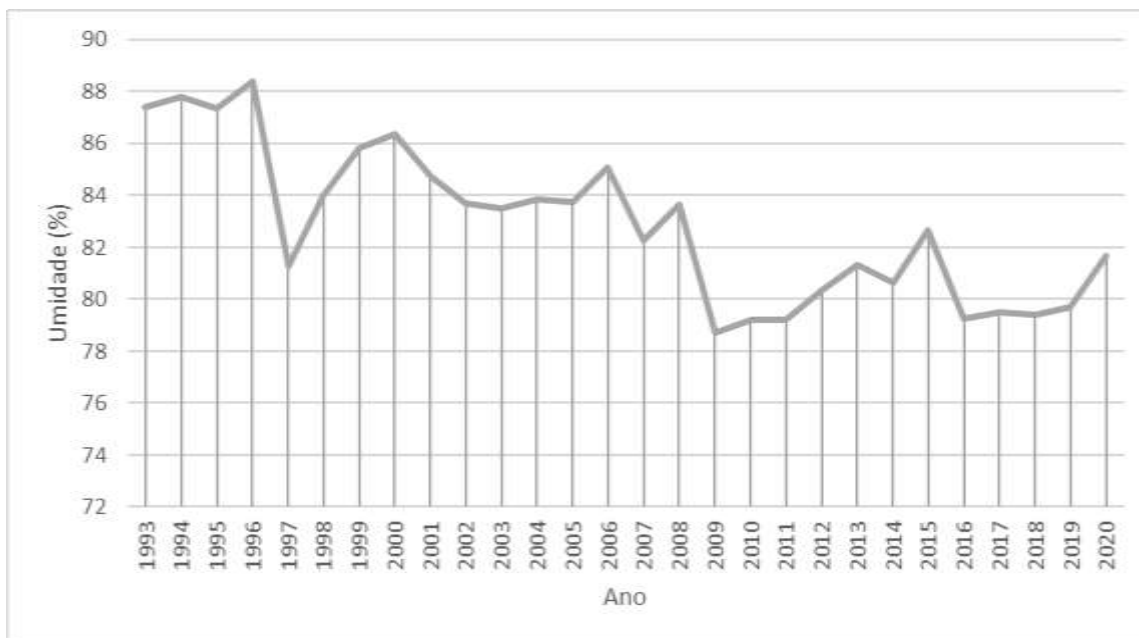


Figura 4.24 – Média da Umidade anual da área de estudos. Fonte: Inmet, 2022.

Há muita variação em relação aos meses mais chuvosos e menos chuvosos. Os quase 30 anos revelam que o mês mais chuvoso varia entre dezembro, janeiro e fevereiro e os meses menos chuvosos são entre setembro e outubro.

Os dados climáticos revelam que há variações de intensidades pluviométrica, temperatura e umidade em diferentes anos, tal fato contribui para identificar que esses parâmetros influenciam e modificam ambientes de forma histórica e prolongada. A forte precipitação contribui para o processo de lixiviação do solo desprotegido, esse processo é responsável pelo transporte dos elementos minerais existentes no solo, tais como: Ca, Mn, K, Fe e dos óxidos de Fe e argila, na forma solúvel, de um horizonte para o outro. A partir do processo de erosão pluvial ocorre o transporte de partículas mais grosseiras como areia, mas também do silte e argila.

### **4.3 Padrão de desenvolvimento sustentável a partir dos limites da resiliência ecológica**

#### **4.3.1 Análise Multicritério**

Após o acúmulo de todos os dados, realizou-se a análise multicritério. As áreas de influência antrópica, seguidas do tipo de solo, são as áreas que obtiveram um maior peso na redefinição da paisagem, uma vez que foram as mais modificadas e com ação unicamente humana. Nesse padrão, observa-se que as Campinaranas surgem nessas áreas e que as possibilidades de serem resultado das alterações antrópicas são numerosas.

Estudos nas áreas de Silves (Simões e Machado, 1987) revelam que houve grandes organizações humanas nessas áreas e que essas ocupações são próximas a rios (locais de preferência para ocupação).

Evidências, como cerâmicas, revelam a existência e interferência na paisagem natural, como comprovado na região de Santarém, local de solo arenoso, onde é possível observar as cerâmicas.

A análise multicritério demonstra que as áreas próximas ao desmatamento teriam maior suscetibilidade a sofrerem alterações na paisagem, seguidas das áreas com predominância de Argissolo Amarelo.

Os critérios utilizados foram os que convenientemente são citados como responsáveis por condicionar a existência de areias brancas no universo amazônico. Dessa forma, foram utilizadas as questões hidrológicas, climáticas, pedológicas, geomorfológicas, florestais e antrópicas.

A análise multicritério, conforme descrito no sucapítulo 3.2, evidencia uma tendência a mudanças na paisagem em áreas com forte influência antrópica, seguidamente de áreas próximas aos cursos de água (Figura 4.25).

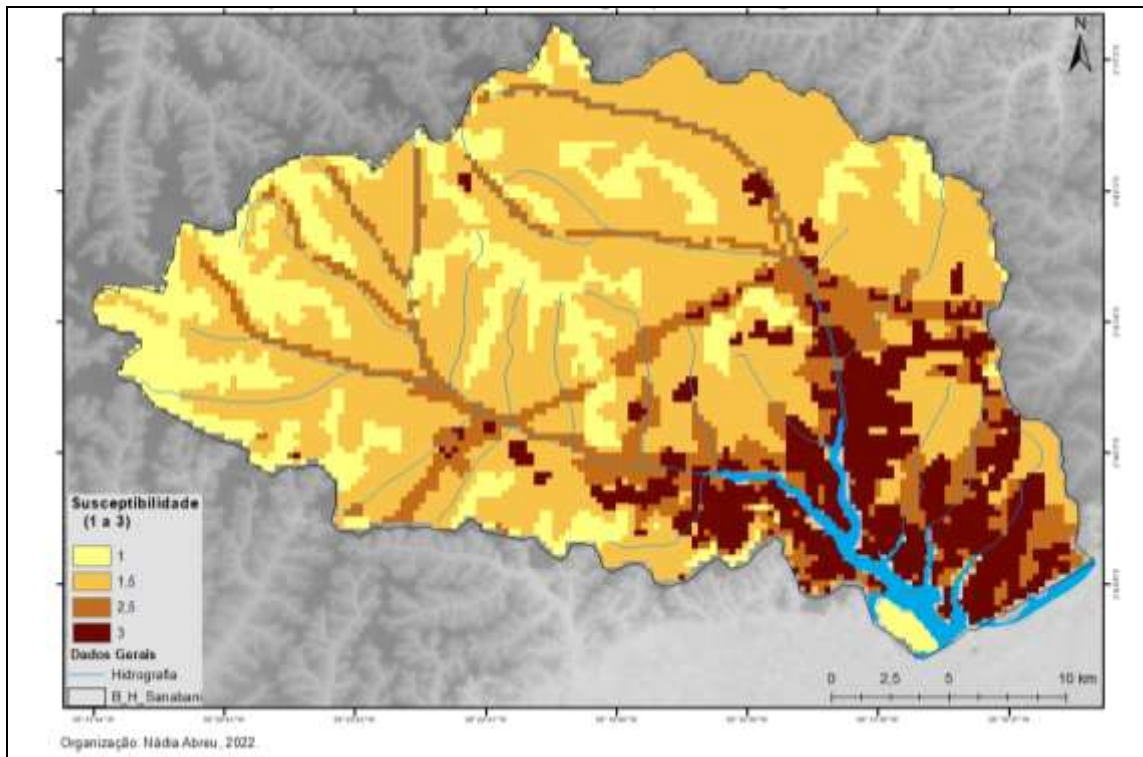


Figura 4.25 – Susceptibilidade a mudanças na paisagem. Fonte: Autora, 2022.

Conforme observado na figura, há uma forte tendência a mudanças nos locais próximos ao rio, conseqüentemente são as áreas mais afetadas pelas ações humanas. Além dos locais próximos aos cursos de água principais, observa-se que nas localidades próximas a estradas também há uma forte tendência a mudanças ambientais.

As áreas que tendem a mudanças são aquelas em que mais facilmente foram identificadas as Campinaranas. O que confirma uma forte relação das ações antrópicas para a modificação da paisagem.

Contudo, a análise multicritério evidencia os fatos observados, de forma a sistematizar e hierarquizar os critérios que atuam nas mudanças das paisagens observadas, no qual além do fator antrópico, considera em diferentes níveis, demais elementos de mudanças.

Para esta pesquisa, percebe-se que a pedogênese é o fator que, após o distúrbio antrópico, modifica o sistema natural, sendo esse uma resposta do ambiente às alterações sofridas. Uma procura por reestruturar-se, adaptar-se e reequilibrar-se, sendo esse um processo de resiliência ecológica.

Holling (1972) afirma que após o impacto, o retorno pode ser condicionado ao potencial de intervenção ocorrido no ambiente. A resiliência depende da manutenção da essência do sistema, uma vez perdidos vestígios elementares, o ambiente equilibra-se por persistência, equilibrando o sistema a uma nova feição da paisagem natural.

Para a área de investigação, os dados amostrais, as análises das imagens de satélites e as observações em campo indicam que há padrões de alterações reversíveis e não reversíveis. A exemplo de um desmate sem queimadas e com queimadas, o primeiro tem maior probabilidade de permitir o retorno da paisagem anterior, quanto ao segundo terá maior dificuldades devido as restrições no sistema causado pela queima no solo. Semelhantemente ocorre com áreas que foram desflorestadas e sofreram processos erosivos, perdendo os horizontes iniciais do solo, sendo, portanto desqualificado para uma reestruturação natural ao estágio inicial.

Contudo, é relevante ressaltar que não importa a natureza do impacto, o sistema ecológico retorna a um estágio de equilíbrio devido a persistência ambiental. A resiliência tem um limite, mas o reequilíbrio não considera níveis de intervenções para o controle do sistema ecológico.

Nesse sentido, as Campinaranas são processos de numerosas intervenções no ambiente natural existentes desde antes da colonização européia na Amazônia. Sendo a resiliência ecológica um retorno ao ambiente natural e a persistência um ato de equilíbrio, no qual percebe-se que sucessivas alterações colaboraram em um processo contínuo de resiliência e persistência ecológica ao longo do tempo, resultando na formação das áreas de Campinaranas. Assim, os solos e a vegetação desse ambiente é uma resposta natural ao processo de intervenção na Floresta Ombrófila Densa em diferentes períodos das ocupações humana.

A existência de solos de areia de origem evolutiva e quartzarênica revelam que não é possível considerar apenas o fator pedogenético como agente de transformação do solo e da própria vegetação. A origem para esse tipo arenoso de solo está interligado a numerosos fatores.

O padrão de existência predominante em alguns pontos aleatórios da vegetação Densa assemelha aos padrões de ocupações humanas, tanto em extensão como em locais estratégicos próximos a fontes hidrológicas e áreas abertas.

O próprio fator cultural de queima do solo após o desmate reflete a modificação pedológica que permite a concentração de grãos de areia em níveis superiores ao silte e argila, tal fato foi demonstrado pelas amostras em campos com queimadas que revelaram maiores índices de areia em áreas que eram originalmente Floresta Ombrófila Densa.

Desse modo, a relação da resiliência ecológica, atrelada ao fator da persistência são elementos com grandes evidências para explicar a origem das Campinaranas na Amazônia. Logicamente, há muitos elementos a serem investigados, contudo tal premissa deve ser considerada um ponto de partida para tais análises ambientais, contribuindo inclusive para estudos ambientais de controle e gestão sustentável.

A partir dessas análises, o fator antrópico direciona as principais mudanças relatadas. Em diferentes níveis, o processo de ocupação. Pois trouxe mudanças para o ambiente que devem ser mais bem compreendidas e menos negligenciadas.

De forma prática, após o impacto no ambiente com padrões de relevo mais rebaixados, o solo desprotegido ficará ao critério dos impactos da chuva e da sazonalidade do rio. Os grãos de silte e argila são lixiviados, tal fato pode ser interpretado a partir das amostras de solo em áreas degradadas que anteriormente eram Floresta Ombrófila Densa, após o transporte dos materiais mais leves, a areia continua em sua área de origem, em uma relação solo e planta e a partir do processo natural de regeneração ecológica, as Campinaranas surgem em áreas que eram Floresta Densa, passaram por retirada da vegetação e estão em um relevo rebaixado susceptível a sazonalidade do rio que transporta os materiais leves e aos índices de precipitação que lixiviam componentes do solo. Assim, surgem as Campinaranas, resultado do processo de intervenção antrópica, elevação do terreno, sazonalidade do rio e precipitação.

## **5. GÊNESE DAS CAMPINARANAS E OS PADRÕES DE RESILIÊNCIA ECOLÓGICA**

Esse capítulo abordará os resultados obtidos no capítulo 4 a partir das variáveis espaciais (solo, vegetação, hidrografia, geologia e relevo) e temporal (ação antrópica e clima), correlacionando os resultados com o surgimento das Campinaranas e o processo de resiliência ecológica. Além do mais, a partir dos resultados, teoriza a resiliência ecológica da área de investigação e apresenta os limites da resiliência ecológica da área de estudos.

### **5.1 Síntese dos resultados**

Os dados das variáveis direcionam para diferenças entre a Floresta Ombrófila Densa e Campinaranas, mas a sistematização e cruzamento de dados direcionam para a compreensão da origem das paisagens. A partir da análise das variáveis, verifica-se que, de forma constante, as intervenções antrópicas modificam o ambiente. Contudo, só a intervenção antrópica não é suficiente para a alteração da paisagem, uma vez que essa modificação ocorrerá à medida que eventos naturais entrarão em contato com a paisagem antropizada.

Para a área de investigação, observa-se que solos desprotegidos de vegetação estão susceptíveis a mudanças ambientais significativas, tanto na estrutura física do solo quanto na estrutura química. Nas análises realizadas em áreas degradadas, observou-se uma desproporcionalidade nos solos que anteriormente eram de floresta fechada, pois a análise granulométrica os classificou com percentuais de areia elevados. Além desse fato, observa-se que as Campinaranas surgem em áreas próximas a inundações fluviais sazonais, apesar dessas áreas também apresentarem floresta fechada; percebe-se que as Campinaranas são resultado das áreas que antes foram desprotegidas da vegetação e com o processo de sazonalidade do rio, o silte e argila, por serem materiais leves, foram transportados, modificando a composição granulométrica do solo e conseqüentemente o processo de resiliência ecológica para o retorno da vegetação após a perturbação no sistema. Por esse motivo, Floresta Densa e Campinaranas ocupam espaços com características semelhantes, pois a origem das diferenças foi a intervenção antrópica inicial.

Amostras de carvão e cerâmica evidenciam que houve vestígios humanos (Lisboa, 1975; Prance, 1975; Prance e Schubart, 1978). Na área de estudos foi identificado carvão nas amostras coletadas. Além disso, a análise multicritérios evidenciou uma suscetibilidade de mudanças na paisagem de áreas que são mais antropizadas (desmatamento e erosão).

Estudos antropológicos comprovam a existência de cerâmicas na região de Silves (Simões e Machado, 1987), que confirma antigas ocupações. A extensão das áreas de Campinaranas chega a poucos metros (Figura 4.24), evidenciando pontos de enclave que seriam oportunos para ocupações humanas. Na Figura 5.1 evidenciam-se as Campinaranas na imensidão da Floresta Ombrófila e o fato de seu surgimento ser aleatório em certos pontos que medem de 4 m<sup>2</sup> a 50 m<sup>2</sup>.



Figura 5.1 - Extensão das Campinaranas e localização em meio a Floresta Ombrófila Densa.

Em síntese, cada variável contribui em algum aspecto (Quadro 5.1). O potencial de cada variável em relação ao surgimento das Campinaranas colaboram para as intervenções antrópicas como ponto de início, com a finalidade de influenciar mudanças e a resiliência ecológica como processo pelo qual a transformação é condicionada e equilibrada.

Quadro 5.1 – Influência das variáveis em mudanças ambientais

<b>Variáveis</b>	<b>Ombrófila Densa</b>	<b>Campinaranas</b>
<b>Antrópica</b>	Grande parte da área de solo exposto tem estrutura argilosa, representando que era uma Floresta Ombrófila Densa.	A identificação das Campinaranas por imagens de satélite só foi possível devido estarem em grande parte das áreas de solo exposto.
<b>Solo</b>	Há discordâncias quanto ao tipo de vegetação e o tipo de solo.	Há discordâncias quanto ao tipo de vegetação e o tipo de solo.
<b>Vegetação</b>	As áreas identificadas no google Earth estão nas mesmas localizações das bases cartográficas	As áreas identificadas no google Earth estão nas mesmas localizações das bases cartográficas
<b>Hidrografia</b>	Há vegetação próxima as margens.	Há vegetação próxima as margens.
<b>Declividade</b>	Grande parte, aproximadamente 34,04%, estão em até 2°.	Grande parte, aproximadamente 48,27%, estão em até 2°.
<b>Elevação</b>	Mantém pouca concentração na variação da distribuição da vegetação, mas possui cerca de 25,53% em uma elevação de 100 a 125 metros.	Há uma grande concentração, cerca de 55,17%, em áreas de 20 a 25 metros. Em áreas mais elevadas, acima de 100 metros, concentra-se 10,34% da vegetação.
<b>Geologia</b>	Grande parte está concentrada na formação alter do chão, cerca de 72,34%.	Grande parte está concentrada na formação Alter do Chão, cerca de 96,55%.

No Quadro 5.1 os aspectos antrópicos e de declividade se destacam, assim como a aproximação das Campinaranas das redes hidrográficas, direcionando para o potencial das mudanças granulométricas quanto ao surgimento das Campinaranas.

Em síntese, considera-se os fatores influenciadores e o grau de relevância de cada elemento para o surgimento das Campinaranas. De forma específica e mensurável, observou-se a existência de fatores relevantes, direcionando as ações antrópicas como de maior contribuição para mudanças ambientais a curto e longo prazo.

As imagens de satélite demonstram que, após um desmate, em um período de 5 a 10 anos é possível observar a reconstrução de mata recente. E as próprias observações diretas revelam que a famosa floresta de “capoeira” relatada pelos moradores locais, é evidência de um processo de readaptação do sistema natural. Além disso, há numerosos relatos sobre a influência antrópica na Amazônia em períodos anteriores à colonização europeia; Diegues (2008) e Roosevelt (2014), enfatizam que há diversas evidências da influência antrópica na constituição da paisagem da atual Amazônia, fatos esses evidenciados na área de investigação.

Tal fato remete para a teoria da resiliência ecológica argumentada por Holling (1975), o qual destaca que a natureza quando passa pelo estágio da perturbação (intervenção antrópica), após o impacto todo o sistema tenderá a ser reestruturado.

Para a pesquisa, a resiliência ecológica não é o simples fato de a natureza retornar ao estágio inicial, mas sim de equilibrar-se e reconstruir-se a partir dos vestígios que restaram após uma intervenção. Em todo caso, considera-se que a resiliência tem um limite, e quando esse limite é ultrapassado, o sistema rapidamente modifica-se, não retornando ao estágio natural, passando do processo de resiliência para a procura por estabilidade, que é alcançada de acordo com as características físicas existentes após uma perturbação no sistema. Assim, o grau de impacto determina a resiliência e estabilidade, pois o ambiente perturbado não ficará degradado para sempre.

As teorias sistêmicas e de resiliência ecológica, assim como as teorias que em geral procuram compreender a paisagem, são unânimes em afirmar a necessidade de um fator externo ao sistema. A transformação não ocorre do nada. É necessário um fator perturbador.

A contribuição das variáveis para a gênese das Campinaranas foram classificadas em grande influência, média influência, moderada influência e baixa influência. Tal classificação considerou os resultados das variáveis quanto a mudanças na paisagem e as características das Campinaranas (Quadro 5.2).

Quadro 5.2 – Classificação dos fatores quanto ao grau de influência na gênese das Campinaranas

Fatores	Grau de influência	Critérios considerados para a classificação
Ação Antrópica	Grande Influência	É o ponto de partida para as demais alterações.
Solo	Média Influência	O solo desprotegido é susceptível a mudanças.
Vegetação	Média Influência	A retirada da vegetação influencia a mudanças no uso do solo e a paisagem.
Hidrografia	Média Influência	A sazonalidade transporta materiais do solo desprotegido.
Declividade	Moderada Influência	Terrenos mais inclinados tem mais possibilidade de terem os elementos do solo transportados. A declividade possibilita transportar materiais.
Geologia	Baixa Influência	Em toda a bacia hidrográfica a geologia predominante é a Formação Alter do Chão, seja em Floresta Ombrófila Densa ou Campinaranas.
Clima	Baixa Influência	O clima é o mesmo nas áreas de Floresta Ombrófila Densa e de Campinaranas. Há mudanças históricas, mas espacialmente não condiciona mudanças isoladas.

## 5.2 As Campinaranas e a resiliência ecológica

A interligação da gênese das Campinaranas com as ações antrópicas tem como interligação a teoria da resiliência ecológica, uma vez que o sistema natural se recupera de intervenções, retornando ao estágio inicial e esse retorno é considerado um processo de resiliência.

Em um nível extremo, a resiliência acontece por uma persistência no sistema que não o retorna ao estágio inicial, mas o equilibra com novas características. A esse princípio percebe-se o sistema natural como um círculo em constante processo de transformação que em equilíbrio, vive ordenado, mesmo com a presença da sociedade (Figura 5.2).

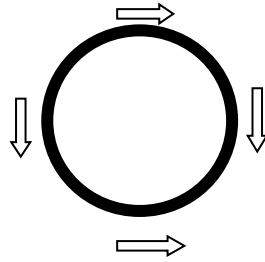


Figura 5.2 – Representa uma estrutura intacta e equilibrada. As setas representam a sociedade

O Círculo, após uma interferência (no qual as setas representam a sociedade), passa por um processo de perturbação em seu sistema natural, que modifica suas características e desregula a ordem natural de seu funcionamento, causando impactos em sua estrutura (Figura 5.3). O desflorestamento e o uso do fogo na área de estudos revelam esse padrão de perturbação no sistema.

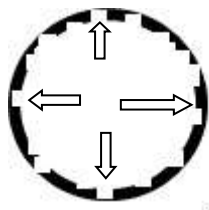


Figura 5.3 – O sistema natural influenciado pela sociedade.

No entanto, adaptando-se as constantes alterações antrópicas, o sistema procura reequilibrar-se, conectando todas as estruturas e retornando a ser novamente um círculo perfeito, sem impactos e mudanças desregulares em sua composição. Esse retorno, em um sistema natural, caracteriza o processo de resiliência ecológica (Figura 5.4). As imagens históricas do desflorestamento demonstraram esse padrão, pois quando a área era desmatada e depois ficava sem intervenções, a tendência é retornar ao estado inicial.

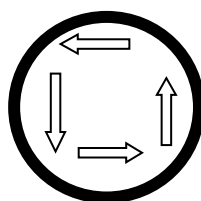


Figura 5.4 – Resiliência do sistema adaptando-se as intervenções realizadas.

Mas, quando o impacto quebra as estruturas naturais do sistema, retirando os elementos essenciais que são a base de sua existência, esse sistema, aparentemente indefinido, passará por uma mudança de persistência de equilíbrio, procurando novas características de acordo com os recursos disponíveis (Figura 5.5). Esse desequilíbrio é perceptível em áreas com erosões e com o solo totalmente desprotegido.

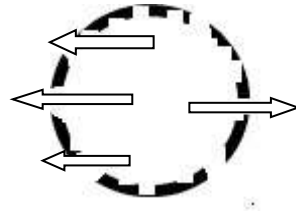


Figura 5.5 – Desequilíbrio no sistema com desestruturação da configuração natural.

Assim, a estrutura almeja um equilíbrio, mesmo com recursos limitados e fragmentados. O ambiente que sofre impacto, não permanece constante em impacto; após o período de procura por reequilíbrio, o sistema irá se reconfigurar e transforma-se em um novo ambiente (Figura 5.6). Na área de investigação, quando o desflorestamento é constante, o equilíbrio é dificultado; no caso das Campinaranas, quando o desflorestamento ocorre nos relevos mais rebaixados e próximo a zona de inundação do rio, a probabilidade do reequilíbrio ser feito com aspectos naturais diferenciados é elevada. As Campinaranas são o resultado da perturbação no sistema a partir da resiliência ecológica da Floresta Densa que passou por uma grande intervenção que modificou sua estrutura natural, mas não impossibilitou o processo de resiliência.

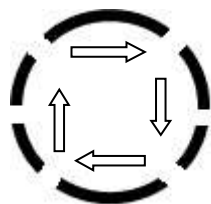


Figura 5.6 – Persistência do sistema natural e adaptação após um intenso impacto.

As Campinaranas surgiram após esse processo de forte interferência em um determinado local e após a procura por reequilíbrio, condicionada pela resiliência ecológica, seguida da persistência. Dessa forma, de acordo com as evidências de antigas

ocupações amazônicas, a localização em determinados pontos isolados em meio a predominante Floresta Densa, as intensas transformações culturais na floresta, a análise

multicritério, dados de solo e vegetação que comparam aspectos das Campinaranas e da Floresta Ombrófila Densa e as teorias que contrapõem-se quanto a qual processo natural originou as Campinaranas, todas evidências direcionam-se as intervenções antrópicas e consequentemente e reestruturação do ambiente.





Dessa forma, a pesquisa encontrou evidências que direcionam a um evento motivado pelas ações antrópicas constantes nas áreas modificadas, que, em um processo de resiliência ecológica, procurou, a partir da persistência, reequilibrar-se, mas a intensidade das alterações não permitiram um reequilíbrio dos aspectos originais, surgindo assim as áreas de Campinaranas (Figura 5.7).



Figura 5.7 – Representação do processo de perturbação-resiliência-persistência dos ambientes que originaram as Campinaranas.

No quadro 5.3 há a descrição dos aspectos gerais do processo de origem das Campinaranas com elementos identificados em pesquisa de campo e a interação dos dados coletados e analisados em laboratório.

Quadro 5.3– Processo de Origem das Campinaranas

Origem das Campinaranas no Processo de Perturbação e Resiliência	Fundamentação
	<p>A Floresta fechada possui características que são mantidas quando não há contato com grandes perturbações. Contudo, ela não é estática, passando por períodos de mudanças ocasionadas pela sazonalidade do rio.</p>
	<p>Perturbações no sistema, dependendo da dimensão, sugerem alterações significativas na paisagem, pois o solo, antes protegido por vegetação, ao ficar exposto, está susceptível a alterações em sua estrutura e composição. Conseqüentemente, o retorno do ecossistema resiliente equilibra-se diferenciado da composição da paisagem anterior. É importante ressaltar que não é um único impacto que transforma significativamente a vegetação e o solo. A área alterada precisa estar exposta a sucessivos processos de descida e subida do rio, ou até mesmo em contato com processos de lixiviação e erosão pluvial. Atrelado a esse fato, precisa haver um tempo de alterações, para que assim a resiliência natural atue. Somente após esses processos, o ambiente alterado estará susceptível ao aparecimento de uma paisagem diferenciada.</p>
	<p>Durante as enchentes do rio, a floresta no entorno fica totalmente submersa, sendo possível identificar as árvores, algumas delas com mais de 10 m de altura, somente pelas copas. Considerando essa dinâmica natural e a alteração antrópica nos ambientes, no processo de descida e subida do rio, os materiais leves, como argila e silte são transportados, restando somente o material arenoso. Esta situação explica o fato de haver, paralelo à floresta fechada, áreas de enclave, com vegetação e solo diferenciado, sendo esse ambiente, portanto, um antigo local alterado que se regenerou de acordo com as novas condições, mais limitativas ao desenvolvimento da vegetação.</p>
	<p>Após a alteração no sistema de forma contínua, e o solo permanecer exposto por um tempo significativo ao transporte dos materiais finos, há uma alteração granulométrica. Quando o local deixa de ser utilizado, a resiliência do ambiente irá iniciar seu processo de equilíbrio do sistema, mas para um ambiente com condições diferentes do anterior. É o caso das Campinaranas, ambiente que ocorre dentro da floresta fechada, mas com características vegetais e de solo diferenciadas, porém com padrões que revelam similaridade, como a predominância de Ferro, um dos elementos químicos com maior resistência a lixiviação. Esses fatos explicam o motivo de próximo aos rios ocorrer a floresta fechada com solo argiloso e a de Campinaranas com solo arenoso, onde houve alteração antrópica, passará por uma mudança.</p>

Considerando as evidências de mudanças no solo desprotegido demonstradas nas pesquisas das áreas coletadas, a distribuição das Campinaranas somente em alguns locais, no qual possui a Floresta Ombrófila Densa circundando e o fato da sazonalidade fluvial, a pesquisa consegue contextualizar a gênese das Campinaranas a partir do princípio da resiliência ecológica. O ambiente passa por perturbações, há sucessivos transportes de materiais finos que em muitos casos são facilitados pela inclinação do terreno. Desse modo, ao finalizar as intervenções, o ambiente, de forma persistente, regenera-se. Contudo, uma vez ocorrida uma alteração na composição granulométrica, essa regeneração permite uma paisagem diferenciada da anterior. Em síntese, necessita-se do ambiente natural e da perturbação no ambiente para que possa surgir as Campinaranas. Além das evidências granulométricas, a semelhança de teor de Ferro em solo de floresta argilosa e arenosa explica-se devido a forte resitência desse elemento em ser lixiviado, resistindo mesmo após um longo processo de mudanças. Ainda sobre as análises do solo, na análise granulométrica, as áreas degradadas com incisões erosivas eram as que apresentavam os maiores valores de areia, diferente das áreas degradadas por queimada, revelando que a água é um fator que tem influência na transformação após o solo ficar exposto (Figura 5.8). Tais evidências ( granulometria, lixiviação e áreas degradadas) direcionam ao processo de resiliência ecológica impulsionado após uma perturbação.

### Processo de Perturbação, Persistência e Resiliência Ecológica da Floresta Fechada Amazônica



Floresta Fechada Amazônica



Intervenções na vegetação natural



Sazonalidade do rio em período de subida do nível de água. Em ambiente de solo desprotegido, os materiais leves do solo serão transportados, ficando, após sucessivos períodos sazonais, a predominância de areia.

-  Manta Morta
-  Rio
-  Solo Argiloso
-  Vegetação
-  Solo Arenoso
-  Horizonte A do solo arenoso



Fatores atrelados a constante intervenção que permitem o solo ficar desprotegido, a sazonalidade do rio gerando a uma mudança granulométrica do solo, ocasionam, após o processo de resiliência ecológica, uma nova vegetação. Não retorna-se a paisagem anterior devido a grande alteração granulométrica, mas restaura os vestígios naturais de acordo com as possibilidades permitidas.

Figura 5.8 – Processo de surgimento das Campinaranas. Organização: Da autora, 2022.

Dessa forma, nessa pesquisa, observou-se alterações granulométricas em solos que anteriormente eram de floresta fechada, mas que após ficar exposto, substituiu sua característica argilosa por uma arenosa. Se o solo exposto continuar em sucessivos

eventos sazonais do rio, a inclinação do terreno, juntamente com o transporte do material leve, permitirá, após o ambiente ser poupado de novas perturbações, uma regeneração.

Em ambientes mais longe dos rios, o solo desprotegido fica susceptível as variações dos processos pluviais erosivos e da lixiviação. Esses fatores, como identificado na comparação granulométrica das áreas degradadas e da similaridade dos padrões de Ferro entre as duas áreas florestais, direcionam-se para uma modificação resiliente, condicionando a criação de novas paisagens, tais como as Campinaranas.

### **5.3 Limites da resiliência ecológica**

Na área de pesquisa foram definidos 3 níveis de resiliência ecológica (paisagem equilibrada, paisagem instável, paisagem adaptada) as quais servem para identificar padrão sustentável para o equilíbrio da natureza. De um modo geral, defende-se que a quantificação da paisagem modificada levará a uma visão ampliada da emergência de gestão dos recursos naturais.

Evidências apontam as influências antrópicas como principais responsáveis para o surgimento de Campinaranas. A pesquisa defende, a partir dos resultados obtidos, que após a perturbação no ambiente natural da floresta, dependendo do nível do impacto, a natureza reequilibra-se, podendo retornar a paisagem original ou criar ambientes.

Na área de pesquisa foi identificado que áreas com influências antrópicas estão susceptíveis a mudanças. A análise multicritério possibilitou quantificar as possibilidades das variáveis influenciadoras, e as ações antrópicas indicaram a maior susceptibilidade em modificar a paisagem.

Vestígios como carvão no solo, cerâmicas de antigas sociedades, a extensão das Campinaranas com tamanhos ideais a ocupação humana, sustentam a hipótese da influência humana na mudança da paisagem, possibilitando perceber que as Campinaranas são resultado desse processo.

#### 5.4 Níveis de Resiliência Ecológica

As variáveis dos ambientes de Campinaranas e Floresta Ombrófila Densa possuem uma abrangente e evidente diferença que impossibilita perceber semelhanças aparentes entre os ambientes que sejam resultado de um processo de continuidade de um ambiente a outro, como uma evolução da paisagem.

A nível de origem, verifica-se que, para a pedogênese, não há nenhum ponto de interligação que evidencie o processo evolutivo do solo; a variável hidrológica não apresenta porções com elevada turbidez que possibilite um processo de deposição fluvial; a vegetação apresentou diferenciados níveis de carbono, indicando a Floresta Ombrófila Densa com maior potencial de emissão de carbono que as Campinaranas e, das espécies identificadas, há somente 4 tipos de vegetação presente nas Campinaranas e na Floresta Ombrófila Densa; o clima e relevo não apresentam diferenças, sendo semelhantes nos dois ambientes florestais.

As semelhanças são pequenas sendo evidenciado que as Campinaranas são uma resposta ambiental às intervenções na Floresta Ombrófila Densa, que, devido ao grande impacto, modificou as estruturas ecológicas.

As Campinaranas quebram a hegemonia da grande Floresta Ombrófila Densa. A riqueza que as duas áreas representam fazem a Amazônia ser ainda mais especial, pois revela que suas paisagens têm história. As perturbações antrópicas nas duas áreas trazem bastantes mudanças para ambos os ambientes e tem revelado ser o principal elemento que influencia o surgimento de paisagens na Amazônia.

A partir dos resultados, padronizou-se um pressuposto teórico. De um modo geral, as evidências nos permitem categorizar que a natureza apresenta um padrão:  $EN+S=Pe$ , (em que **EN** são os elementos naturais; **S** é a sociedade e **Pe** é a paisagem equilibrada). As perturbações no sistema natural podem reverter a fórmula dependendo da intensidade de modificação de um sistema.

Com a alteração no sistema natural, tem-se que  $EN+S^2=Pi$  (em que **EN** são os elementos naturais; **S<sup>2</sup>** é a sociedade com intervenções aceleradas e **Pi** é a paisagem

instável), ou seja, a paisagem fica instável, mas com o tempo ela será conduzida a uma adaptação, tornando-se **EN+S=Pa** (em que **EN** são os elementos naturais; **S** é a sociedade e **Pa** é a paisagem adaptada).

A adaptação pode reconstruir os padrões anteriores, ou, se ocorrer uma perturbação exagerada, a adaptação aos novos padrões surgirá com uma nova paisagem, porém sempre tenderá a procurar um equilíbrio pós-alteração, caracterizando esse último pressuposto como o resultado de todos os processos que condicionam a natureza a uma resiliência ecológica.

Os dados analíticos de solo, relevo, vegetação, clima e hidrografia revelam tendências a uma dinâmica de mudanças na paisagem. Os solos, devido a alterações, podem perder suas características físicas; o clima pode apresentar padrões diferenciados de precipitação, umidade e temperatura em diferentes épocas; a vegetação, quando alterada, passa por um processo lento de regeneração.

Todos os elementos são suscetíveis a mudanças espaciais, e em todos eles o fator antrópico revela-se um acelerador da alteração. Os fatores tempo e movimentos cíclicos naturais demonstram um potencial de alterar a estrutura do sistema natural, tal como a sazonalidade do rio, que dependendo da época pode alterar a fertilidade de um solo.

Contudo, o fator antrópico é, evidentemente, o maior contribuidor para uma alteração no sistema em pouca questão de tempo. O pressuposto identificado a partir dos resultados obtidos possibilitou a criação de um mapa de padrões de resiliência ecológica na área de estudos (Figura 5.9).

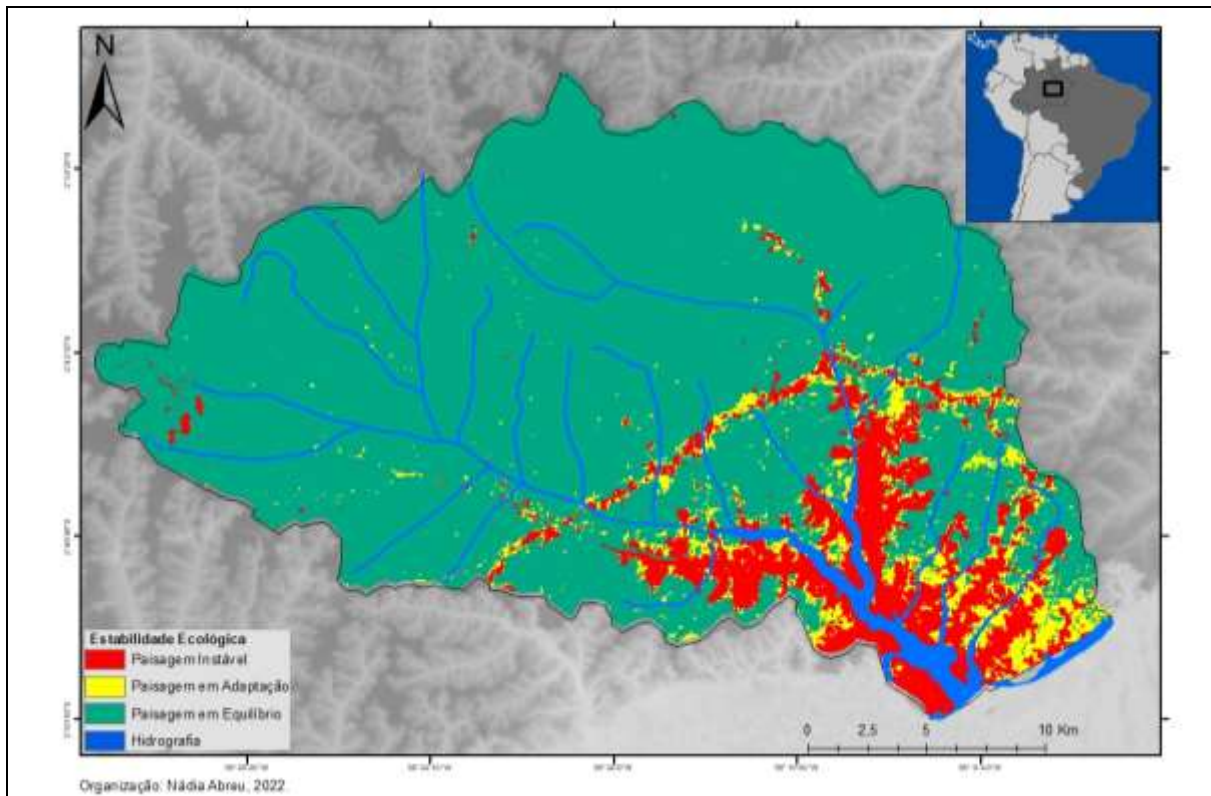


Figura 5.9 - Níveis de resiliência ecológica na área de estudos.

Considerando os fatores identificados na área de estudo que levam a mudanças na paisagem e que dificultam a resiliência ecológica, levando a paisagem a novas configurações, utilizaram-se alguns dados relevantes para identificar as áreas, na Amazônia Legal, que estão susceptíveis a modificações.

A segunda lei da termodinâmica, ou lei da entropia, nos remete a compreender que as ações no sistema são, por lei, irreversíveis. No entanto, o sistema natural, participa de um processo de resiliência, podendo sair da ordem-desordem-ordem. Reencontrando seu ponto de equilíbrio ambiental.



## **Conclusão**

As Campinaranas surgem a partir de mudanças granulométricas causadas no solo exposto, após a retirada da vegetação e impulsionado pelas condições naturais do rio e relevo. Dentre as hipóteses para a pesquisa (1- A resiliência ecológica na Amazônia pode ser evidenciada pela regeneração natural da vegetação após o desmate; 2- A resiliência ecológica na Amazônia restaura o ambiente, após a perturbação, ao estado original; 3- O limite da resiliência ecológica, demonstrada pela relação do uso do solo e da vegetação, justifica a existência do surgimento de áreas de Campinaranas). Evidencia-se a confirmação da 3ª hipótese, pois na pesquisa não foram identificados vestígios de que as Campinaranas evidenciam o passado ou que são resultado direto do desflorestamento, no entanto, nota-se uma tendência que revela serem as Campinaranas resultado de sucessivas alterações, condicionado ao relevo e à sazonalidade do rio, que após o período de desuso do local alterado, permite a atuação da resiliência ecológica, mas que devido a temporalidade e magnitude da intervenção, retorna com uma paisagem diferenciada.

Na análise granulométrica do solo, confirma-se a premissa do surgimento das Campinaranas a partir da exposição do solo a sazonalidade do rio. Nos dados coletados, dentre as áreas degradadas, as influenciadas por fluxos de água, apresentaram características diferentes no solo, tendendo a conterem mais areia de argila ou silte. Além dessa evidência, o fato do Ferro ser o elemento químico de predominância similar em ambas as áreas, é explicado devido esse elemento ser de mais difícil lixiviação, podendo permanecer, mesmo após o transporte de diversos outros materiais.

Dessa forma, a influência antrópica, o regime do rio e processos de lixiviação do solo desprotegido são variáveis que contribuem para a origem das Campinaranas. Os fatores ecológicos são facilitadores do processo, mas a grande ação parte da intervenção humana que permite o solo ficar desprotegido e susceptível ao transporte dos materiais leves (silte e argila), com predominância do material mais pesado, a areia. Demonstrando assim que a alteração ecológica inicia com a mudança de granulometria.

Os maiores vestígios da influência antrópica, encontram-se nas evidências arqueológicas de ocupações antigas, carvão no solo e o fato dos enclaves serem em dimensões de alguns metros (adequados para uma ocupação humana), direcionam para a

influência das ações antrópicas no surgimento de Campinaranas. Além desses fatores, os relatos dos moradores demonstram a influência antrópica na mudança de paisagens. A entrevista com os habitantes indicam grandes possibilidades de mudanças no ambiente. Alguns moradores compreendem a importância da Floresta e estão reflorestando seus ambientes com árvores frutíferas. Certamente essa é uma boa atitude, mas futuramente, se alcançar grandes proporções, poderá nos direcionar para novas características nas paisagens amazônicas e de forma clara, por intervenções humanas.

Na atualidade, há numerosas transformações no ambiente natural. Em áreas de Floresta Ombrófila Densa há o desflorestamento. Em áreas das Campinaranas, mesmo essas sendo resultado de influências antrópicas passadas, as intervenções continuam em um processo de uso dos recursos. Uma demonstração da atuação antrópica foi demonstrada em uma análise anual do desflorestamento, que revela a resiliência ecológica ao ponto de áreas desflorestadas retornarem, mas em sequência, passam por um novo ciclo de retirada da vegetação. Essa intensidade na alteração do ambiente, atrelado aos fatores naturais (sazonalidade hidrológica e inclinação do terreno) que favorecem, após o desuso do ambiente, uma resiliência natural com uma paisagem em padrões diferenciados do inicial, pois, não é só o desmate em si que causa a mudança. A resiliência ecológica renova o ambiente, porém, a intensidade da intervenção, resultará em uma procura, denominada de persistência, que levará a uma reconstrução natural da floresta, no caso dessa pesquisa, a Campinarana é o resultado da persistência ecológica.

Sistematicamente, consolidou-se esse processo dinâmico de transformação da paisagem e resiliência ecológica, com os pressupostos:  $EN+S=Pe$  (paisagem equilibrada), que é o ponto inicial, antes da perturbação no equilíbrio. As ações humanas não interferem no equilíbrio e nas estruturas naturais se forem de forma normalizada e equilibrada.

Contudo, com as mudanças nas atividades e necessidades humanas, as estruturas naturais são modificadas, passando pelo processo de perturbação caracterizado por  $EN+S^2=Pi$  (paisagem instável). No entanto, o ambiente natural está condicionado a reorganizar-se, adaptar-se e reequilibrar-se, esse processo seria a resiliência ecológica:  $EN+S=Pa$  (paisagem adaptada). Nesse sentido, as Campinaranas são o resultado desse último processo de procura por reequilíbrio.

Dessa forma, evidencia-se que a floresta fechada, ao atingir o ponto máximo de intervenção e resiliência ecológica, regenera-se com adaptações. Seria um ponto de reequilíbrio, uma vez que muitos dos elementos que compunham a paisagem anterior foram retirados. No caso dessa investigação, o elemento essencial retirado foi o silte e argila.

Os padrões de resiliência ecológica direcionam para padrões de sustentabilidade ambiental e planejamento de gestão ecológica, pois é notável a dependência humana quanto aos recursos naturais, desde os que vivem diretamente dos recursos da natureza até aqueles que vivem indiretamente. Na área de estudos, por exemplo, os moradores relataram, cerca de 80%, que não saberiam viver de outras atividades, sendo assim dependentes da exploração de subsistência.

Em todo o caso, é preciso quantificar as atividades exploratórias e mensurar, de acordo com os níveis de intervenções, a resiliência e persistência que as ações no sistema natural irão desenvolver após um impacto, pois mensurar e quantificar níveis de intervenções é o direcionamento para um plano sustentável da natureza, tornando possível compreender os limites de resiliência ecológica e o padrão de persistência que poderá ser alcançado após uma forte perturbação no sistema.

Em geral, dentre as variáveis utilizadas, a ação antrópica tem a influência de partida, seguido dos fatores hidrológicos e inclinação do terreno. A variável clima, apesar de apresentar variações ao longo do tempo de amostragem, não possibilitou uma compreensão da influência do surgimento das Campinaranas. As variáveis solo e vegetação são o resultado das mudanças e as mais susceptíveis a alterações. Na amostragem de sólidos na água da bacia hidrográfica Sanabani, a quantidade de sólidos na água é baixa, não permitindo uma correlação maior. Contudo, em pesquisas futuras, uma coleta no leito do rio, dos sólidos depositados mais ao fundo, poderá possibilitar maiores evidências da interligação do solo exposto e sazonalidade do rio para o surgimento das Campinaranas.

Para trabalhos futuros, quantificar e mensurar matematicamente as ações seriam ideias para um melhor planejamento do território, que possibilitarão criar cenários de acordo com as intervenções a serem realizadas no território. É preciso, com isso, entender o

equilíbrio dinâmico da natureza e o processo de resiliência ecológica, pois essa é a resposta para reais modelos de sustentabilidade ecológica.

Para essa pesquisa, a área de investigação foi de grandes desafios, pois a floresta fechada limita mais pontos de coleta e as imagens de satélite, muitas delas são cobertas por nuvens, contudo, percebe-se que mesmo com as condições geográficas desafiadoras, a pesquisa conseguiu identificar processos que influenciam o surgimento da paisagem de Campinaranas em diversos pontos da Floresta Ombrófila Densa, evidenciando um cenário futuro, caso o tempo de regeneração natural para o retorno da paisagem, não seja respeitado. Claramente a Amazônia é resiliente, mas esse processo de equilíbrio será reconstruído a partir das condições espaciais e temporais possibilitadas.

## REFERÊNCIAS

- Ab' Saber. A.N. (2000). O Domínio Morfoclimático Amazônico. In: Leituras indispensáveis. São Paulo: Ateliê Editorial.
- Abreu, N. R. P; Vieira, A.F.S.G. (2019). Análise das Diferenças Florísticas e os Diferentes Tipos de Solo das Rodovias Am 330 e Am 363, em Silves e Itapiranga, Amazonas. Geosaberes, Fortaleza, v. 10, n. 21, p. 1-13.
- Abreu, N.R.R. (2013). Caracterização Geoambiental da Paisagem das Rodovias AM 330 e AM 363, Silves - Itapiranga(AM). (Projeto de Iniciação Científica). Universidade Federal do Amazonas. Manaus-AM.
- Abreu, N.R.R. (2016). Classificação de Unidades Ambientais na Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Sanabani, em Silves-Amazonas (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Amazonas. Manaus-AM.
- Agudelo, C.A.R; Mazzeo, N; Diaz, I; Barral, M.P; Pinero, G; Gadino, I; Roche, I; Acuña-Posada, R.J. (2020). Land use planning in the Amazon basin: challenges from resilience thinking. Ecology and society. Doi: 10.575.
- Araujo, h. s. g; Almeida, j. r. Guerra, A. J. T. (2010). Gestão Ambiental de Áreas Degradadas. 6. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Amigo, I. (2020). The Amazon's Fragile Future. Nature, 505-507.
- Benjamim, C. (1993). Diálogo sobre ecologia, ciência e política. Rio de Janeiro, RJ. Editora Nova Fronteira.
- Bertalanffy L.V. 2015. Teoria Geral dos Sistemas. 8ª ed- Petrópolis, RJ: Vozes.
- Bertrand, G. (1966) Pour Une étude géographique de la végétation. R. G. P. S. TOULOUSE.
- Bertrand, G. (2004). Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico. R. RA E GA, Curitiba, n. 8, p. 141-152.

Bueno, G.T. Appauvrissement et podzolisation des latérites du bassin du Rio Negro et gèneses des Podzols dans le haut bassin amazonien. Doutorado em Geografia. Rio Claro. 2009.191p.

Buschbacher, R. A teoria da resiliência e os sistemas socioecológicos: como se preparar para um futuro imprevisível?.(2014) Ipea-boletim regional, urbano e ambiental, 1-24.

Bush, M.B; Mcmichael,C. (2016). Holocene variability of an Amazonian hyperdominant. *Journal Ecology*, 1370-1378.

Carvalho, W.D; Mustin, K; Hilário, R.R; Vasconcelos, I. M; Eilers, V; Fearside, P.M. (2019). Deforestation control in the Brazilian Amazon: A conservation struggle being lost as agreements and regulations are subverted and bypassed. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 122-130. Doi:10.1016.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. (2000). Programa de Levantamento Básico do Brasil. Projeto de Mapeamento Geológico. Brasília.

Clement, C. R. *et al.* (2015). The domestication of Amazonia before European conquest. **Proceedings of the Royal Society B**.

Davoudi, S. (2012). Applying the Resilience Perspective to Planning: Critical Thoughts from Theory and Practice Edited by Simin Davoudi and Libby Porter Resilience: A Bridging Concept or a Dead End? SIMIN DAVOUDI. *Planning Theory & Practice*, Vol. 13, No. 2, 299–333.

Diegues, A.C (2008). O Mito Moderno da Natureza Intocada. Editora Hucitec, São Paulo, 6ª edição.

Ducke, A; Black, G. A. (1954) Notas sobre a fitogeografia da Amazonia brasileira. Boi. Técnico do IAN, Belém, 1-62.

Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias – EMBRAPA (2003). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Belém-PA). Avaliação da Aptidão Agrícola do Município de Silves – Estado do Amazonas.

Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias – EMBRAPA (2006). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. – Rio de Janeiro.

Epiphânio, J.C.N.; Formaggio, A.R.; Valeriano, M.M.; Oliveira, J.B. (1992). (1992). Comportamento espectral de solos do Estado de São Paulo. São José dos Campos : INPE.

Espirito-Santo, F.D.B; Gloor, M; Keller, M; Malhi, Y; Saatchi, S; Nelson, B; Oliveira Junior, R.C; Pereira, C; Lloyd, J; Frolking, S; Palace, M; Shimabukuri, Y.E; Duarte, V; Mendoza, A.M; López-González, G; Baker, T. R; Feldspaus, T.R; Brienen, R.J.W; Asner, G.P; Boyd, D.S; Philips, O.L. (2015). Size and frequency of natural forest disturbances and the Amazon forest carbon balance. Nature Communications, 1-6. Doi: 10.1038.

Fearnside, P.M. (2008). Amazon Forest Maintenance as a Source of Environmental Services. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 101-114.

Ferreira, C. A. C. (2009). Análise comparativa do ecossistema campina na Amazônia brasileira Tese (doutorado)-- INPA, Manaus.

Folke, C. (2006). Resilience: The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses. Global Environmental Change 16(3):253-267. Doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002.

Flores, B.M; Staal, A; Jakovac, C.C; Hirota, M; Holmgren, M. (2019). Soil erosion as a resilience drain in disturbed tropical forests. Review Article. Doi: 10.1007.

Florenzano, Tereza. (2011) Iniciação em Sensoriamento Remoto. São Paulo: Oficina de Texto.

Fraser, M. W; Kendrick, G.A; Statton, J; Hovey, R.K; Zavala-Perez, A; Walker, D.I (2014). Extreme climate events lower resilience of foundation seagrass at edge of biogeographical range. Journal Ecology, 1528-1536. Doi: 10.1111/1365-2745.12300.

Gonçalves, C.W.P. Amazônia, Amazônias. Contexto, 2001.

Guimarães, F.S; Bueno, G.T. (2016). As campinas e campinaranas amazônicas. Bueno Caderno de Geografia, v.26, n.45. DOI 10.5752/p.2318-2962.2016v26n.45p.113.

Gunderson, L.H. (2000). Ecological Resilience-In Theory and Application. *Rev. Ecol*, 425-439.

Holling, C. S. (1973) Resilience and stability of ecological systems, *Annual Review of Ecological Systems*, 1-23.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. (2000). Projeto de Sistematização de Informação dos Recursos Naturais Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos, São Paulo.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. (2012). Manual Técnico Vegetação, São Paulo.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. INPE-  
<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em 04/05/2020.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. [www.dgi.inpe.br/catalogo/](http://www.dgi.inpe.br/catalogo/). Acesso em 04/05/2020

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE. (2021) Amazonia 1: Descritivo da Missão e do Satélite.

Jakovac, C. C; Pena-Claros, M; Kuyper, T.W; Bonges, F. (2015). Loss of secondary-forest resilience by land-use intensification in the Amazon. *Journal of Ecology*, 67-77. Doi: 10.1111/1365-2745.12298.

Janzen, D.H. (1974 ). Tropical blackwater rivers, Animals and mast fruiting by the Dipterocarpaceae . *Biotropica.*, 69-103 .

Klinge, H.(1965). Podzol soils in the Amazon Basin. *Journat of Soil Science*, 95-103.

Lepsch, Igo F. (2011). 19 Lições de Pedologia. São Paulo: Oficina de Textos, 341- 364.

Lisboa, P.L.(1975). Observações gerais e revisão bibliográfica sobre as campinas amazônicas de areia branca. *Acta Amazonica* 5(3): 211-223.

Lucas, Y, Chauvel, A, Boulet R, Ranzani G, Scatolini, F. (1984). Transição Latossolos-Podzóis Sobre a Formação Barreiras na região de Manaus, Amazônia. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, 8:325-335.

Luizão, R.C.C; Luizão, F.J; Paiva, R.Q; Monteiro, T.F; Sousa, L.S; Kruijt, B. (2004) Variation of carbon and nitrogen cycling processes along a topographic gradient in a central Amazonian forest. *Global Change Biology* 692-600, doi:10.1111/j.1529-8817.2003.00757.

Mafra, A.L; Miklos, A.A.W; Volkoff, B; Melfi, A.J. (2002). Pedogênese numa sequência latossolo-espodossolo na região do alto rio Negro, Amazonas. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:381-394.

Malavolta, E. (1989). *ABC da Adubação*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres.

Maximiano, L.A. (2004). Considerações sobre o conceito de paisagem, Curitiba, p.83-91, UFPR.

Mello, José Alberto Nunes e Barros, Wanilze Gonçalves. (2001) *Enchentes e Vazantes do rio negro no porto de Manaus, Amazonas, Brasil*. Acta Amazônica.

Mendonça, B.A.F. (2011). *Campinaranas Amazônicas: Pedogênese e a relação solo-planta*, Viçosa-MG.

Mendonça, B.A.F; Fernandes Filho, E.I; Schaefer, C. E.G.R; Simas, F. N. B; Paula, M.D. (2015). Os solo das campinaranas na Amazônia brasileira: ecossistema arenícolas oligotróficos. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 25, n. 4, p. 827-839. doi: 10.5902/1980509820581

Morais, Regis de. (2004). *Educação, mídia e meio-ambiente*. Campinas, SP. Editora Alínea.

Nobre, C.A; Sampaio, G; Borma, L.S; Castilla-Rubio, J.C; Silva, J.S; Cardoso, M. (2016). Land-use climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *PNAS*, 10759-10768.

Nunes, S.S; Barlow, J; Gardner, T. A; Siqueira, J. V; Sales, M. R; Souza Jr, C.M. (2015). A 22 year assessment of deforestation and restoration in riparian forests in the eastern Brazilian Amazon. *Environmental Conservation*, 193-203. Doi: 10.1017.

Organização das Nações Unidas - ONU.  
<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>, Acesso em 13/05/2019.

- Pivetta, M. (2018). Mais gente na floresta. Edição 267, Fapesp.
- Prance G.T. e Schubart, H.O.R. (1978) Notes on the Vegetation of Amazonia I. A Preliminary Note on the Origin of the Open White Sand Campinas of the Lower Rio Negro. *Brittonia*, 60-63.
- Prance, A. G; Albuquerque, B.W.P. (1975). Estudos sobre a vegetação das campinas amazônicas-III: A vegetação lenhosa da campina da reserva biológica INPA-SUFRAMA (Manaus-Caracaraí, Km 62). *Acta Amazônica* 5(3): 225-246.
- Prance, G.T. (1975). Estudos sobre a vegetação das campinas amazônicas-I: Introdução a uma série de publicações sobre a vegetação das campinas amazônicas. *Acta Amazônica* 5(3): 207-209.
- Prance, G.T. 1992. The Diversity of the Amazon Flora. *Royal Institution Proceedings*, 169–195
- Ramos-Azevedo, C. (2007). Sustainable development and challenging deforestation in the Brazilian Amazon: The good, the bad and the ugly. Symposium: ‘Our Common Groud: Innovations in LAND Use Decision Making, Vancouver-Canada.
- Rebello, Expedito Ronald (2013). As maiores secas e cheias no Amazonas e as possíveis influências dos fenômenos El Niño, La Niña, ODP e OMA, Campina Grande.
- Rezende, G.M; Vieira, D.L.M. (2018). Forest restoration southern Amazonia: Soil preparation triggers natural regeneration. *Forest Ecology and Management*, 93-104. Doi:10.1016.
- Roosevelt, A.C. (2014). The Amazon and the Anthropocene: 13.000 years of human influence in a tropical raiforest. *Elsevier*, 2213-3054. Doi: 10.1016.
- Ross, J. L. S. (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados, rev. Departamento de Geografia, São Paulo.
- Ross, S. L. J. (2009). *Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental*. São Paulo: Oficina de textos.
- Saaty, T. L. (1970). How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9-26.

Santos M. M. C; Souza V. S. (2015). Análise Geomorfológica da Região Entre os Municípios de Itacoatiara, Silves e Itapiranga, Nordeste do Estado do Amazonas. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo.

Santana, R. F. de; Lima, R. H. C; Lima, H. P. L (2021). Geoarqueologia dos sítios Pontão e Santa Helena na região de Silves, Amazonas. *Revista de Arqueologia*. DOI:[10.24885/sab.v34i2.910](https://doi.org/10.24885/sab.v34i2.910).

Serviço Geológico do Brasil (CPRM). (2022) .Boletim nº 08. Boletim de Monitoramento Hidrometeorológico da Amazônia Ocidental, Manaus. 13 p.

Serviço Geológico do Brasil (CPRM). (2021) Boletim nº 36. Boletim de Monitoramento Hidrometeorológico da Amazônia Ocidental, Manaus. 13 p.

Silva, A.J.P; Lopes, R.C; Vasconcelos, A.M. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM. (2003). *Bacias Sedimentares Paleozóicas e Meso-Cenozóicas Interiores Paleozoic and Meso-Cenozoic Sedimentary Basins*.

Simões, M.F; Machado, A.L. (1987). Pesquisas arqueológicas no lago de Silves (AM). *Arqueológica*, 49-82.

Souza, J. G. *et al.* (2018). Pre-Columbian earth-builders settled along the entire southern rim of the Amazon. **Nature Communications**.

Spruce, R. (1908). *JB - Notes of a botanist on the Amazon and Andes*. London, R. Wallace.

Teixeira, W.G; Dirse, C.K; Madari, B.E; Lima, H.N; Woods, W. (2010). *As terras pretas de índio da Amazônia, Edua-AM*.

Tricart, J. I.f. (1981). *Paisagem e Ecologia*. (Trad.). Figueiredo Monteiro. São Paulo: Departamento de Geografia.

Zemp, D.C; Schleussner, C-F; Barbosa, H.M.J. (2017). Deforestation effects on Amazon forest resilience. *Geophys*, 44. doi:[10.1002/2017GL072955](https://doi.org/10.1002/2017GL072955).



## ANEXOS

### Anexo 1

Quadro 1.1 - Coordenadas de algumas áreas visitadas e caracterizadas

Local	Coordenadas Geográficas
P1 várzea	S 03°02' 48,1"/ W 059° 57' 23,43"
P2 campinara	S 02° 46' 39,0"/ W 058 18' 25,3"
P3 estrada da várzea	S 02° 46' 39,0"/ W 058° 18' 25,3"
P4 estrada da várzea	S 02° 46' 39,00"/ W 058° 18' 25,3"
Campinarana	S 02° 46' 43,1"/W 058° 29' 57,7"
Campinarana	S 02° 47' 09,3"/ W 058° 31' 29,1"
Campinarana	S 02° 48' 00,6"/ W 058° 35' 10,7"
Campinarana	S 02° 48' 34,0"/ W 058° 37' 21,1"
Campinarana 363 (km79)	S 02° 46' 39,00"/ W 058° 18' 25,3"
Campinarana 363 (km79)	S 02° 43' 05,2"/ W 058° 18' 08,4"
Campinarana	S 02° 45' 33,0"/ W 058° 22' 14,8"
Campinarana	S 02° 46' 56,4"/ W 058° 27' 40,6"
P5 363	S 02° 48' 30,5"/ W 058° 37' 21,5"

**Anexo 2**

Quadro 2.1 - Ficha do levantamento do solo

Profundidade da coleta	Descrição do Solo quanto à cor e aspectos texturais	Descrição da paisagem (degradada ou não degradada) Local da coleta	Nome da Coleta

**Anexo 3**

**Fichas de cadastramento (Vegetação e Solo)**

Quadro 3.1 - Ficha biogeográfica utilizadas para delimitação das parcelas

FICHA BIOGEOGRÁFICA			
<b>LOTE:</b> <b>MUNICÍPIO:</b> Silves-Amazonas <b>LOCAL:</b>		<b>NO.:</b> <b>ESTADO:</b> AM <b>DATA:</b>	
<b>ESTRATO ARBÓREO</b> (Altura acima de 7m)	<b>QT.</b>	<b>A/D</b>	<b>S</b>
<b>DINÂMICA:</b> <b>ABUNDÂNCIA DOMINÂNCIA:</b>			
<b>ESTRATO ARBORESCENTE</b> (Altura entre 5 e 7m)	<b>QT.</b>	<b>A/D</b>	<b>S</b>
<b>DINÂMICA:</b> <b>ABUNDÂNCIA DOMINÂNCIA:</b>			
<b>ESTRATO ARBUSTIVO</b> (Altura entre 3 e 5m)	<b>QT.</b>	<b>A/D</b>	<b>S</b>
<b>DINÂMICA:</b> <b>ABUNDÂNCIA DOMINÂNCIA:</b>			
<b>ESTRATO SUBARBUSTIVO</b> (Altura entre 1 e 3m)	<b>QT.</b>	<b>A/D</b>	<b>S</b>
<b>DINÂMICA:</b> <b>ABUNDÂNCIA DOMINÂNCIA:</b>			
<b>ESTRATO HERBÁCEO</b> (Até 1m de altura)	<b>QT.</b>	<b>A/D</b>	<b>S</b>
<b>DINÂMICA:</b> <b>ABUNDÂNCIA DOMINÂNCIA:</b>			

## Anexo 4

### Análise Física do Solo de cada ponto de amostra

Quadro 4.1 - 1ª Análise Física

Perfil	% de areia	% de silte	% de argila
P1 0-10	28,6	21,4	50
P1 10 - 20	27,85	22,65	49,5
P1 20 -30	23,35	30,15	46,5
P2 0 - 10	13,7	61,87	24,43
P2 10 -20	12,4	61,67	25,93
P2 30-40	12,5	46,52	40,98
P2 40-50	15,8	56,4	27,8
P2 50-60	20	44,82	35,18
P2 60-70	16,65	65,62	17,73
P2 70-80	16,05	45,4	38,55
P2 80-90	12,75	74,27	12,98
P2 90-100	13,6	60,67	25,73
P3 0-20	29,5	32,2	38,3
P3 20-30	9,05	66,47	24,48
P3 30-40	7,01	71,3	21,69
P3 40-50	8,75	51,8	39,45
P3 50-60	6,1	82,42	11,48
P3 60-70	6,6	65,62	27,78
P3 70-80	6,45	69,45	24,1
P3 80-90	6,6	35,9	57,5
P3 90-100	6,2	72,22	21,58
P3 100-110	8,45	45,475	46,075
P3 110-120	5,95	71,1	22,95
P3 120-130	6,65	67,95	25,4

P3 130-140	9	47,6	43,4
P3 140-150	8,8	50,47	40,73
P4 0 - 10	16,3	30,525	53,175
P4 20 - 30	15,65	28,05	56,3
P4 30 - 40	14,35	21,5	64,15
P5 0 - 10	95,35	4,05	0,6
P5 10 - 20	97	2,7	0,3
P5 20 - 30	97,7	1,5	0,8
P5 30 - 40	96,6	3,075	0,325
P5 40 - 50	97,1	2,6	0,3
P5 50 - 60	96,9	2,425	0,675
P5 60 - 70	96,6	2,775	0,625
P5 70 - 80	96,55	3,175	0,275
P5 80 - 90	98,3	1,175	0,525
P5 90 – 100	92,1	7,55	0,35
P5 100 – 110	95,8	3,65	0,55
P6 0-20	10,05	60,35	29,6
P6 20- 30	7,05	55,55	37,4
P6 30-40	4,4	43,25	52,35
P6 40-50	7,3	65,75	26,95
P6 50-60	6,9	78,55	14,55
P6 60-70	6,3	78	15,7
P6 70-80	7	74,72	18,28
P6 80-90	6,9	72,15	20,95
P6 90-100	6,6	70,45	22,95
P7 0 -- 10	51,75	13,95	34,3
P7 10 -- 20	43,2	20,575	36,225
P7 20 -- 30	41,35	12,3	46,35
P7 30 -- 40	36,3	14,8	48,9
P7 40 -- 50	36,65	18,85	44,5
P7 50 -- 60	97,2	2,775	0,025
P7 60 -- 70	40,65	12,3	47,05

P7 70 -- 80	39	14,5	46,5
P7 80 -- 90	41,9	7,3	50,8
P7 90 – 100	39,05	14,9	46,05
P8 0 - 10	78,55	4,55	16,9
P8 10 - 20	79,95	2,8	17,25
P9 0-20	91,15	1,87	6,98
P9 20-30	86,7	4,65	8,65
P9 30-40	90,25	2,92	6,83
P9 40-50	92,7	1,47	5,83
P9 50-60	94,3	1,45	4,25
P9 60-70	92,54	0,87	6,68
P9 70-80	92,25	0,52	7,22
P9 80-90	92,5	0,97	6,53
P9 90-100	92,8	0,37	6,82
P9 100- 110	92,7	0,42	6,88
P9 110- 120	89,85	0,67	9,47
P9 120- 130	92,15	1,45	6,4
P9 130- 140	91	0,32	8,68
P9 140- 150	92,85	0,57	6,58
P10 0-20	42	40,5	17,5
P10 20-30	36,05	48,3	15,65
P10 30-40	52,8	37,67	9,53
P10 40-50	53,4	31,13	15,47

Quadro - 4.2 2ª Análise Física

Amostra P1 (B)	Cor	Analisada	Areia%	Argila%	Silte%
P11.1B	10Y/4	P1.01B	80,3185	7,6751	12,0064
P11.02B	10Y/3				
P11.03B	10Y/3	P1.03B	71,176	13,45	15,374
P11.04B	10Y/5				
P11.05B	10Y/4	P1.05B	69,826	17,45	12,724
P11.06B	10Y/2	P1.06B	65,9095	19,3	14,7905
P11.07B	10Y/2				
P11.09B	10Y/2				
P11.10B	10Y/2	P1.10B	65,9035	22,65	11,4465
MÉDIA			70,6267	16,10502	13,26828
Amostra P1 M	Cor	Analisada	Areia%	Argila%	Silte%
P11.01M	10YR/4/2	P1.01M	71,229	13,975	14,796
P11.02M	10YR/4/3				
P11.03M	10YR/4/2	P1.03M	63,588	17,95	18,462
P11.04M	10YR/5/4				
P11.05M	10YR/5/4				
P11.06M	10YR/6/6	P1.06M	63,296	23,85	12,854
P11.07M	10YR/6/6				
P11.08M	10YR/7/6				
P11.09M	10YR/6/6				
P11.10M	7,5YR/6/6			0,325	
P11.11M	7,5YR/5/4	P1.11M	63,354	23,4	13,246
P11.12M	7,5YR/6/6				
P11.13M					
P11.14M	7,5YR/6/8				
P11.15M	5YR/5/8	P1.15M	64,247	23,5	12,253
MÉDIA			65,1428	17,16667	14,3222
Amostra P12	Cor	Analisada	Areia%	Argila%	Silte%
P12.01			95,427	0,825	3,748
P12.04			94,662	1,15	4,188
P12.07			94,949	0,8	4,251
P12.10			96,204		

MÉDIA			95,3105	0,925	4,062333
Amostra	Cor	Analisada	Areia%	Argila%	Areia%
P13	7YR/4/3	P3	57,113	24	18,887
Amostra	Cor	Analisada	Areia%	Argila%	Silte%
P14.01	10YR/5/4	P4.01	39,9415	29,6	30,4585
P14.02	10YR/5/4	P4.02	27,7635	34,975	37,2615
P14.03	10YR/8/4				
P14.04	10YR/8/4	P4.04	23,456	46,4	30,144
P14.05	10YR/8/4				
P14.06	10YR/8/4				
P14.07	7YR/7/6	P4.07	19,1145	53,325	27,5605
P14.08	7YR/8/3				
P14.09	7YR/7/6				
P14.10	7YR/6/6	P4.10	20,3755	64,42	15,2045
MÉDIA			26,1302	45,744	28,1258
Amostra	Cor	Analisada	Areia %	Argila%	Silte%
P15.01	7YR/3/1	P5.01	88,805	1,325	9,87
P15.02	7YR/3/1				
P15.03	7YR/3/1				
P15.04	7YR/3/1	P5.04	95,0985	0,125	4,7765
P15.05	7YR/3/1				
P15.06	7YR/3/1	P5.06	97,227	1,05	1,723
P15.07	7YR/3/1	P5.07	96,805	0,375	2,82
P15.08	7YR/3/1				
P15.09	7YR/4/1				
P15.10	7YR/4/1	P5.10	96,763	0,025	3,212
MÉDIA			94,9397	0,58	4,4803

## Anexo 5

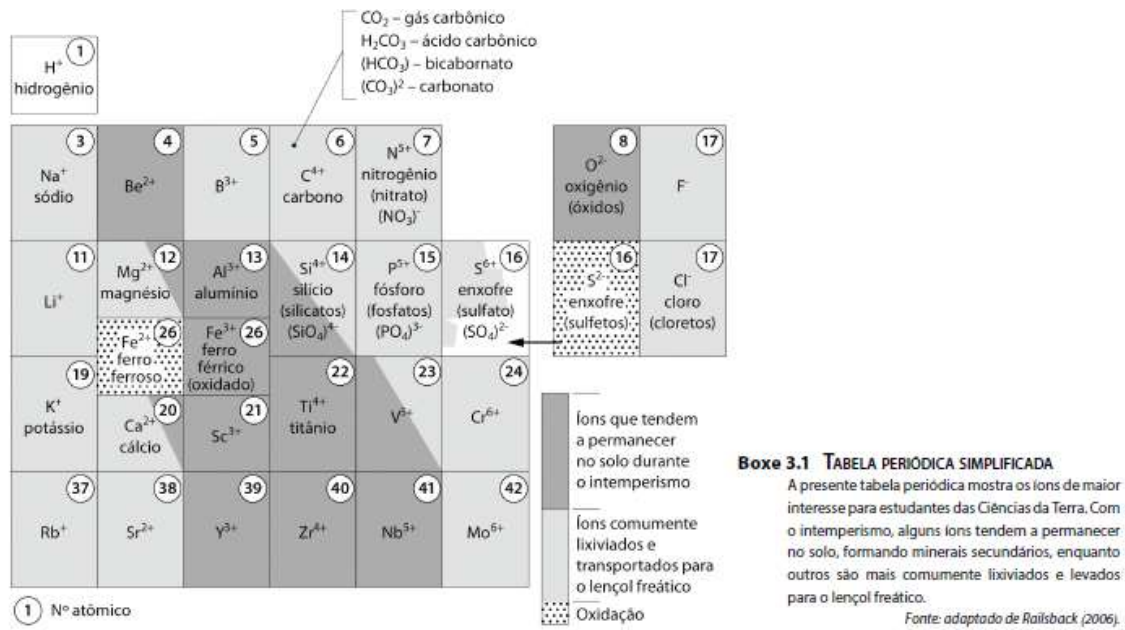


Figura 5.1 – Resistência lixiviação. Fonte: Lepsch, 2011.

## Anexo 6

### Resultado da análise química de cada amostra de todos os perfis

Quadro – 6.1 - 1ª Análise Química (dados sem a média, perfil por perfil)

n am.	Ponto	Profundidade	PH		K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Zn	Mn
			H2O	KCl								
					cmoc/kg				mg/kg			
1	p1	0-10	4,30	3,81	0,06	0,00	0,02	1,84	6,99	184,2	1,30	1,00
2	p1	10-20	4,31	3,89	0,07	0,00	0,02	1,77	6,81	197,7	1,40	1,10
3	p1	20-30	4,48	4,08	0,04	0,00	0,01	1,91	3,48	150,7	1,10	0,90
4	p2	0-20	4,20	4,11	0,05	0,00	0,01	1,23	2,21	56,2	0,80	0,60
5	p2	20-30	4,52	4,35	0,02	0,00	0,00	0,84	0,91	44,7	0,70	0,50
6	p2	30-40	4,53	4,33	0,03	0,00	0,01	0,84	0,67	50,7	0,70	0,60
7	p3	0-20	4,82	4,28	0,15	0,39	0,17	1,22	6,46	91,7	2,30	19,60
8	p3	20-30	4,34	4,06	0,04	0,04	0,04	2,02	1,99	113,7	0,90	1,10
9	p3	30-40	4,42	4,14	0,03	0,03	0,03	1,32	1,79	90,7	0,80	1,10
10	p4	0-20	4,26	3,98	0,06	0,03	0,02	1,76	3,89	129,2	1,00	1,80

11	p4	20-30	4,54	4,18	0,03	0,01	0,01	1,28	1,15	122,2	0,90	0,90
12	p4	30-40	4,50	4,18	0,05	0,01	0,01	0,46	2,41	145,7	0,80	1,00
13	p5	0-10	4,57	3,24	0,03	0,01	0,01	0,43	3,03	14,7	0,80	1,00
14	p5	10-20	4,83	3,67	0,01	0,00	0,00	0,10	0,56	11,7	0,70	0,30
15	p5	30-40	4,28	3,92	0,01	0,00	0,00	0,07	0,68	12,7	0,80	0,10
16	p5	40-50	5,35	4,07	0,01	0,00	0,00	0,05	0,22	11,7	0,60	0,20
17	p6	0-20	4,09	3,95	0,07	0,01	0,02	1,66	3,73	134,2	0,80	1,70
18	p6	20-30	4,56	4,22	0,03	0,00	0,01	1,11	0,82	77,7	0,70	0,60
19	p6	30-40	4,60	4,30	0,03	0,00	0,00	1,01	0,42	83,7	0,80	0,80
20	p7	0-10	5,02	4,24	0,13	0,10	0,05	0,66	5,17	191,7	1,20	4,60
21	p7	10-20	4,75	4,17	0,05	0,03	0,02	0,86	2,18	172,7	0,90	1,30
22	p7	20-30	4,72	4,22	0,04	0,01	0,01	0,89	1,58	149,2	0,80	1,20
23	p8	0-10	5,26	4,66	0,01	0,00	0,00	0,16	1,20	13,7	0,90	0,10
24	p8	10-20	5,27	4,68	0,01	0,00	0,00	0,17	0,65	14,2	0,70	0,10
25	p9	0-20	4,81	4,35	0,04	0,06	0,01	0,42	1,02	23,2	1,00	0,30
26	p9	20-30	4,84	4,36	0,02	0,04	0,00	0,45	0,52	26,7	0,60	0,30
27	p9	30-40	4,97	4,42	0,01	0,02	0,00	0,39	0,75	18,2	0,60	0,20
28	p10	0-20	4,79	3,77	0,02	0,01	0,00	0,84	6,11	25,2	0,80	1,40
29	p10	20-30	4,59	4,38	0,02	0,00	0,00	1,51	29,58	52,2	0,90	4,90
30	p10	30-40	5,23	4,61	0,01	0,00	0,00	0,54	16,57	19,2	0,90	2,60
31	p10	40-50	5,37	4,72	0,01	0,00	0,00	0,38	9,10	15,7	0,70	0,70

Continuação da 2ª análise química

Quadro Anexo 6.1 – 2ª análise química (dados perfil por perfil)

Nº do laboratório	Amostras	pH CaCl <sub>2</sub>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K	SB	T	T
			cmol <sub>(C)</sub> .dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>(C)</sub> .dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>(C)</sub> .dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>(C)</sub> .dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>(C)</sub> .dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>(C)</sub> .dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>(C)</sub> .dm <sup>-3</sup>
2258	P11.01	3,9	1,45	7,2	0,2	0,05	14	0,29	7,49	1,74
2259	P11.03	3,8	1,5	6,4	0,2	0,1	4	0,31	6,71	1,81
2260	P11.06	3,8	1,5	5,2	0,15	0	2	0,16	5,36	1,66
2261	P11.10	3,8	0,35	2,2	0,2	0	0	0,20	2,40	0,55
2262	P11.11	3,8	1,35	3,8	0,2	0,1	0	0,30	4,10	1,65
2263	P11.15	3,8	1,2	3,4	0,3	0,1	0	0,40	3,80	1,60
2264	P11.01	3,7	1,35	8,8	0,2	0,15	36	0,44	9,24	1,79
2265	P11.03 B	3,7	1,4	8,8	0,2	0,15	36	0,44	9,24	1,84
2266	P11.05 B	3,7	1,8	10,9	0,2	0	18	0,25	11,15	2,05
2267	P11.06 B	3,7	1,5	7,2	0,1	0	20	0,15	7,35	1,65
2268	P11.08 B	3,8	1,6	7,2	0,1	0	12	0,13	7,33	1,73
2269	P11.10 B	3,7	1,6	7,2	0,15	0	8	0,17	7,37	1,77
2270	P12.01	3,3	0,75	5,2	0,2	0,1	2	0,31	5,51	1,06
2271	P12.04	3,3	0,75	4,2	0,2	0	0	0,20	4,40	0,95
2272	P12.07	3,3	0,8	5,2	0,1	0	0	0,10	5,30	0,90
2273	P13	3,9	0,35	3,8	0,5	0,1	18	0,65	4,45	1,00
2274	P14.01	3,4	1,55	8,8	0,2	0,05	18	0,30	9,10	1,85
2275	P14.02	3,6	1,3	6,4	0,2	0	10	0,23	6,63	1,53
2276	P14.04	3,8	1	4,2	0	0	2	0,01	4,21	1,01
2277	P14.10	3,9	1	3,4	0,05	0	0	0,05	3,45	1,05
2278	P14.07	3,9	1,2	3,4	0	0	0	0,00	3,40	1,20
2279	P15.01	2,7	1,8	25,3	0,9	0,2	14	1,14	26,44	2,94
2280	P15.04	3	0,6	3,4	0,2	0	0	0,20	3,60	0,80
2281	P15.06	3	0,65	3,8	0,15	0	0	0,15	3,95	0,80
2282	P15.07	3	0,6	3,4	0,15	0	0	0,15	3,55	0,75
2283	P15.10	3,2	0,3	2	0,1	0	0	0,10	2,10	0,40

Amostras	V	M	P	MO	Na
	%	%	mg.dm <sup>-3</sup>	dag.kg <sup>-1</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>
P11.01	3,82	83,53	4	1,3	3
P11.03	4,62	82,86	1	0,7	1
P11.06	2,90	90,63	1	0,5	1
P11.10	8,33	63,64	5	0,5	0
P11.11	7,32	81,82	1	0,3	0
P11.15	10,53	75,00	1	0,3	0
P11.01	4,79	75,32	8	1,5	6
P11.03 B	4,79	75,99	5	1,5	6
P11.05 B	2,21	87,97	5	1,5	6
P11.06 B	2,06	90,84	3	1,2	2
P11.08 B	1,78	92,44	3	1,2	2
P11.10 B	2,31	90,37	3	1	0
P12.01	5,54	71,08	5	1,1	0
P12.04	4,55	78,95	4	0,8	0
P12.07	1,89	88,89	6	0,8	0
P13	14,53	35,14	8	1,4	3
P14.01	3,26	83,96	4	1,9	5
P14.02	3,41	85,21	2	1,2	3
P14.04	0,12	99,49	2	0,7	0
P14.10	1,45	95,24	2	0,6	0
P14.07	0,00	100,00	2	0,6	0
P15.01	4,30	61,31	2	3,5	3
P15.04	5,56	75,00	2	0,8	0
P15.06	3,80	81,25	3	1,1	0
P15.07	4,23	80,00	4	1	0
P15.10	4,76	75,00	3	0,7	0

## Anexo 7

Quadro 7.1- Teste de turbidez e qualidade da água do rio Sanabani

Contato: NÁDIA		Setor/Cargo: -		E-mail: rafaelaabreu.geo@gmail.com	
<b>Dados do Cliente Avaliado</b>					
Razão Social/ Nome: NÁDIA RAFAELA PEREIRA DE ABREU					
Nome Fantasia: -		CNPJ/ CPF: 010.395.692-18		CEP: -	
Endereço: RIO SANABANI		Nº.: -		Bairro: SILVES	
Complemento: -		Setor/Cargo: -		E-mail: rafaelaabreu.geo@gmail.com	
Contato: NÁDIA		Setor/Cargo: -		E-mail: rafaelaabreu.geo@gmail.com	
<b>Dados da(s) Amostra(s)</b>					
Matriz: Água de Corpo Receptor					
Nº da(s) amostra(s) - Descrição - Local da coleta: 4516-01/2019 – RIO SANABANI.					
Data da Coleta: 19/09/2019		Hora da Coleta: 05h00		Data do Recebimento: 20/09/2019	
Método de Amostragem: Não Informado.					
Responsável pela Coleta: NÁDIA RAFAELA PEREIRA DE ABREU					
Analista Responsável: Não Informado.			Registro: CRQ:-		
Condições Ambientais: Temperatura de Acondicionamento no Transporte: Não Informado.					
Temperatura de Acondicionamento na Chegada ao MICRO-LAB: Não Informado.					
Clima – Ensolarado.					
<b>Dados do(s) Ensaio(s)</b>					
Período do(s) Ensaio(s): 20/09/2019 à 26/09/2019					
Referência(s): <i>RESOLUÇÃO CONAMA N°357 de 17.03.05, Art. 15 - Das águas doces. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.</i>					
Metodologia(s): <i>Baseadas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23RD EDITION. Editora American Public Health Association, EUA 2017.</i>					
<b>Resultado(s) Físico-Químico(s)</b>					
Parâmetro(s)	Unidade	Nº da(s) Amostra(s)		VMP	
		4516-01/2019			
pH	-	6,85		6,0 – 9,0	
Sólidos Totais	mg/L	52,0		NA	
Turbidez	UNT	1,50		100	
Legenda: VMP: Valor Máximo Permitido pela RESOLUÇÃO CONAMA N°357 de 17.03.05, Art. 15. mg/L: miligrama por Litro UNT: Unidade Nefelométrica de Turbidez					

Quadro 7.2 Dados gerais fornecidos pela SEMA (rio Itabani)

Quadro: Ponto de Coleta e Resultados - Município de Silves (código 16230000).

Pontos de Amostragem	Parâmetros Analisados							
	pH	Oxigênio Dissolvido	Oxigênio de Saturação	Temperatura da Água	Temperatura do Ar	Turbidez	Condutibilidade Elétrica	Data da coleta
PT - 16 - Cidade de Silves - Rio Itabani	5,71	6,32	95,21	30,90	30,80	12,32	17,30	26/08/20
PT - 16 - Cidade de Silves - Rio Itabani	5,54	6,97	97,40	30,20	28,54	49,20	8,10	26/11/20

## Anexo 8

### Resultado de Alguns dados coletados:



Figura 8.1 – Tipo de trabalho na área de investigação.



Figura 8.2 – O período mais difícil de trabalho.



Figura 8.3 – Possibilidade de viver em outra atividade fora da extração.



Figura 8.4 – Principais dificuldades na área de trabalho.



Figura 8.5 – Comunidades selecionadas e quantidade de moradores.

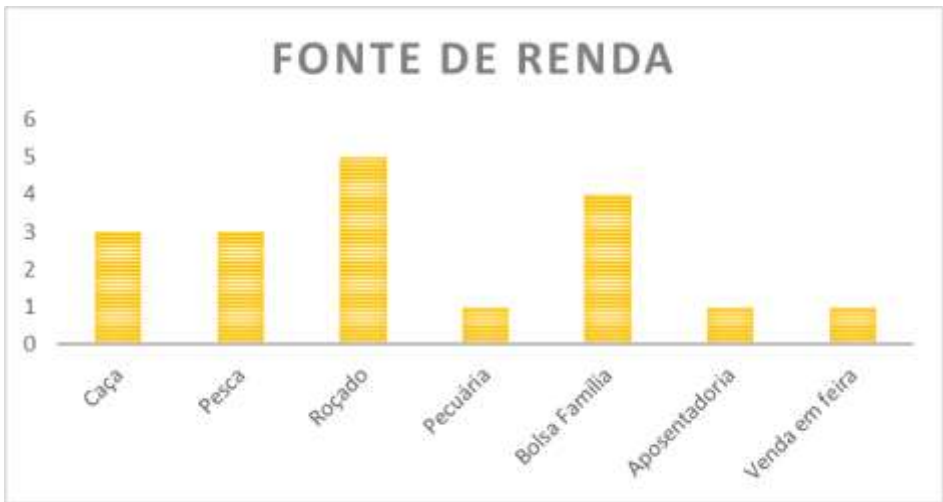


Figura 8.6 – Principal fonte de renda.

