



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS-UFAM
INSTITUTO DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS HUMANAS E SOCIAIS – IFCHS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGGE

**A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DECORRENTE DA CONSTRUÇÃO DO RAMAL
DA ÁGUA PRETA/AREAL, ZONA RURAL DE MANAUS/AMAZONAS.**

MARIA DE FÁTIMA DA SILVA

Manaus – Amazonas

2020

MARIA DE FÁTIMA DA SILVA

**A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DECORRENTE DA CONSTRUÇÃO DO RAMAL
DA ÁGUA PRETA/AREAL, ZONA RURAL DE MANAUS/AMAZONAS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), para obtenção de título de Mestre. **Área de concentração:** Geografia Física. **Linha de Pesquisa:** Domínios da Natureza na Amazônia.

Orientadora: Prof.^a Dra. Mircia Ribeiro Fortes.

MANAUS-AM

2020

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S586d Silva, Maria de Fátima da
A ambiental decorrente da construção do Ramal da Água Preta/Areal, Zona Rural de Manaus/Amazonas / Maria de Fátima da Silva . 2020
111 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Mircia Ribeiro Fortes
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Degradação ambiental. 2. Ramal da Água Preta/Areal. 3. Unidades Ecodinâmicas. 4. Impactos ambientais. I. Fortes, Mircia Ribeiro. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
 IFCHS/DEGEO/Programa de Pós-Graduação em Geografia
 Mestrado e Doutorado Conceito 4 CAPES
 Aprovado pela Resolução Nº 011 – CONSUNI de 11/07/2006
 Reconhecido através da Portaria Nº 1.077 - MEC, de 31 de agosto de 2012



Ata da Defesa Pública da Dissertação de Mestrado da Senhora **MARIA DE FÁTIMA DA SILVA**, discente do Programa de Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Filosofia, Ciências Humanas e Sociais da Universidade Federal do Amazonas, Área de Concentração em Amazônia: Território e Ambiente, realizada no dia **18 de Dezembro de 2020**.

Aos **dezoito** dias do mês de **Dezembro** de **dois mil e vinte**, às **nove horas**, em Sala Aberta (Google Meet), realizou-se a Defesa Pública da Dissertação de Mestrado, intitulada “**A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DECORRENTE DA CONSTRUÇÃO DO RAMAL DA ÁGUA PRETA / AREAL, ZONA RURAL DE MANAUS - AMAZONAS**”, sob orientação do(a) Professor(a) Doutor(a) **MIRCIA RIBEIRO FORTES (PPGEOG/UFAM)**, do(a) aluno(a) **MARIA DE FÁTIMA DA SILVA**, em conformidade com o Art. 83 do Regimento Geral de Pós-Graduação da Universidade Federal do Amazonas, como parte final de seu trabalho para a obtenção do grau de **MESTRE EM GEOGRAFIA**, área de concentração em **AMAZÔNIA: TERRITÓRIO E AMBIENTE**. A Banca Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: **Professor(a) Doutor(a) Mircia Ribeiro Fortes (PPGEOG/UFAM)**, **Professor(a) Doutor(a) Marcela Vieira Pereira Mafra, Membro Titular (UEA/MANAUS)** e a **Professor(a) Doutor(a) Adorea Rebello da Cunha Albuquerque (PPGEOG/UFAM)**. O(A) Presidente da Banca Examinadora deu início à sessão convidando os membros da Banca e o(a) Mestrando(a) a tomarem seus lugares. Em seguida, o(a) Senhor(a) Presidente informou sobre o procedimento do exame. A palavra foi facultada ao(a) Mestrando(a) para apresentar uma síntese do seu estudo e responder às perguntas formuladas pelos Membros da Banca Examinadora. Após a apresentação e arguição pelos Membros da Banca Examinadora, esta reuniu-se onde decidiu, por unanimidade, que a discente foi “**APROVADA**”. A sessão foi encerrada. Eu, Maria das Graças Luzeiro, Secretária do PPGEOG, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim, pelos Membros da Banca Examinadora e pelo(a) Mestrando(a). Manaus (AM), **18 de Dezembro de 2020**.

Banca Examinadora
Prof(a) Dr(a) Mircia Ribeiro Fortes
Presidente (PPGEOG/UFAM)

Rubrica

Nota
“9,5”

Mircia Ribeiro Fortes

Prof(a) Dr(a) Marcela Vieira Pereira Mafra
Membro Titular (UEA/MANAUS)

“9,5”

marcela V. P. mafra

Prof(a) Dr(a) Adorea Rebello da Cunha Albuquerque
Membro Titular (PPGEOG/UFAM)

“9,5”

Adorea Rebello da Cunha Albuquerque

mfatima
Maria de Fátima da Silva
Mestranda

Maria das Graças Luzeiro
Secretária do PPGEOG

Aos meus pais, Raimunda Estevão da Silva e João Paulino da
Silva (*in memoriam*) dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar, pela oportunidade concedida, pela saúde, força e coragem para percorrer todo o caminho até o final da jornada.

À SEDUC (Secretaria de Estado de Educação e Qualidade de Ensino) por me proporcionar essa oportunidade de estudo.

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM).

Ao meu querido amigo e companheiro de todas as horas, Paulo Nascimento e meus amados filhos Ana Paula e Paulo Olegário, que são para mim um presente de Deus e a razão mais íntima de minha luta. Em especial a Ana Paula, que me levou e acompanhou em toda a trajetória, sempre de boa vontade, suavizando os momentos difíceis.

Ao meu irmão Zezinho e minha cunhada Célia, pelo apoio e incentivos recebidos.

À minha orientadora Profa. Dra. Mírcia Ribeiro Fortes, que me instruiu com muita paciência, na jornada árdua da pesquisa e pelo tempo dispensado em prol deste projeto, pelas orientações e análises críticas, que contribuíram para a realização dessa Dissertação.

À SEMED (Secretaria Municipal de Educação) pela liberação e afastamento para essa formação.

Aos Professores Doutores membros da Banca, Prof(a) Dr. (a) Marcela Vieira Pereira Mafra (UEA/MANAUS), Prof(a) Dr. (a) Adorea Rebello da Cunha Albuquerque (UFAM).

À Coordenação do Programa (PPGGE), a todos os meus Professores do Mestrado que sempre foram solícitos nas minhas indagações e inquietudes e em especial ao professor Ricardo Nogueira, Manuel Masulo, às Professoras Doutora Adorea Rebelo e Doutora Jesuete Pachêco, pelos incentivos e orientações no meu percurso acadêmico.

A secretária do Programa de Pós-Graduação em Geografia, dona Graça Luzeiro, por toda paciência e pela gentileza com a qual sempre me atendeu.

A todos os que me ajudaram nos trabalhos de campo Paulo, Raimundo, Ana, Jorge, Mano, Eduardo, Jean, Fredson, muito obrigada, pois sem a ajuda de vocês dificilmente eu teria coletado os dados.

Aos amigos Lindomar Tomás Lucena e Jacenir Rocha, que disponibilizaram seus drones e acompanharam-me ao trabalho de campo.

Existem pessoas que entram na nossa vida e logo assumem um papel fundamental. Obrigada Jesse James, por conseguir “aquele” livro fundamental para a minha pesquisa e também pelo apoio técnico da hora da formatação.

A todos os colegas do Mestrado, destacando-se a Mônica, Francisca, Andreza, Juliana, Miguel, Nelcy, Nildenir, Ilbson, Caroline, Rozinete, Leandro, Michael, Ana Mara, e todos os outros pelo companheirismo, apoio, incentivo, encorajamento, nas dificuldades e abrangências pertinentes à pesquisa. Em especial, Jean Campos, Fredson Bernardino e Danielson Souza pelo apoio e dedicação na elaboração dos mapas.

Agradeço ao amigo Jadson, que foi meu suporte técnico nos momentos de dificuldade.

Ao Fernando Monteiro, muito obrigada pela calma e rapidez na solução dos problemas antes da defesa, para que tudo ocorresse dentro do horário.

Aos bibliotecários do Setor Norte, sempre atenciosos para encontrar os livros de que eu precisava.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, mesmo os não citados. O meu muito obrigada!

RESUMO

O estudo desta dissertação teve como principal objetivo compreender os problemas ambientais no ramal da Água Preta/Areal, km 32 da AM 0-10, ao km 10 da BR-174, situado na zona rural de Manaus/AM, os procedimentos e técnicas metodológicas foram trabalhados por meio de pesquisas documentais, literaturas científicas pertinentes ao tema, organização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), para o mapeamento da área de estudo, observação de campo direta *in loco* e a identificação e caracterização dos problemas ambientais foram feitas com base na análise morfodinâmica de Tricart (1977). A construção de ramal é uma ação antrópica que implementa alterações no relevo e nos cursos de águas. Essas vicinais são o principal meio de ligação entre as áreas urbanas e rurais, muitos desses ramais não possuem boas condições de trafegabilidade. O uso e a ocupação desordenada do solo na área de pesquisa geraram e continuam ocasionando vários danos ambientais, como a retirada irregular de areia, a retirada da cobertura vegetal, os processos erosivos e a obstrução dos canais fluviais cortados pelo ramal. Considerando a análise ecodinâmica do ramal ou da estrada rural, as principais ações antrópicas que causam alterações no sistema natural, tais como a extração de areia, a erosão, o assoreamento dos igarapés, o represamento dos cursos d'água, que indicam meios ecodinâmicos estável, fortemente instável e intergrades, apresentando fragilidade ambiental, grau de fragilidade Médio, Alto e Muito Alto.

Palavras-Chave: Degradação ambiental, Ramal da Água Preta/Areal, Unidades Ecodinâmicas. Impactos ambientais.

ABSTRACT

This dissertation's main objective is to understand the environmental issues associated with Água Preta (Areal, km 32 of AM 0-10, to km 10 of BR-174), located outside of Manaus, Amazonas. The procedures and techniques used to develop this abstract included relevant documentary research and scientific literature, as well as the use of a Geographic Information System. The GIS was used to map the study area, to direct field observation and to identify and characterize environmental issues which are based on the morphodynamic analysis of Tricart (1977). The research covers understanding the environmental degradation resulting from the construction of the Água Preta / Areal branch line, which connects Km 32 of Highway AM-010 to Km 10 of Highway BR-174, in the rural area of the municipality of Manaus / AM. The construction of a branch is an anthropic action that acts in the alteration of the relief and water courses. These vicinals are the main means of connection between urban and rural areas, many of these extensions do not have good traffic conditions. The disordered use and occupation of the soil in the research area generated and continues to cause several environmental damages, such as irregular sand removal, loss of vegetation, erosion processes and obstruction of the river channels that are cut by the branch. Considering the ecodynamic analysis, of the branch or rural road, the main anthropic actions that cause changes in the natural system, sand extraction, erosion, silting, damming of water courses and disordered maintenance, present certain environmental fragility, as shown in the map ecodynamic units in the area.

Key words: Environmental degradation, Branch of Água Preta/Areal, Silting, Ecodynamic Units. Environmental impact.

SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
CNT	Conferência Nacional dos Transportes
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPAAM	Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas
IPT	Instituto de Pesquisas e Tecnológicas
JPEG	Joint Photographic Experts Group
MDE	Modelo Digital de Elevação
NE	Nordeste
NE-SW	Nordeste – Sudoeste
NW-SE	Noroeste – Sudeste
SW-NE	Sudoeste – Nordeste
SW-NW	Sudoeste – Noroeste
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PRRN/U	Planalto Rebaixado dos Rios Negro/Uatumã
RADAM	Projeto Radar da Amazônia
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SEDEMA	Secretaria de Defesa do Meio Ambiente
SEMMA	Secretaria municipal do Meio Ambiente
SEMED	Secretaria Municipal de Educação
SEMSA	Secretaria Municipal de Saúde
SPEVEA	Superintendência de Valorização da Amazônia
ZFM	Zona Franca de Manaus

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Procedimento metodológico com base nos quatro níveis de pesquisa geográfica de Libault (1971).....	16
Figura 2 - Localização do Ramal da Água Preta/Areal. A linha tracejada vermelha indica que uma voçoroca serve de limite entre o ramal Areal e o ramal da Água Preta.....	19
Figura 3 - Mapa das unidades geoecológicas do município de Manaus.	20
Figura 4 - Imagem do drone DJI Phantom4PRO OBSIDIAN, de 15/07/2019, mostrando detalhes das cavas de areia abandonadas, sendo aproveitadas para piscicultura.....	21
Figura 5 - Falhas de rejeito direcional no entorno do Ramal da Água Preta/Areal.....	22
Figura 6 - Unidades geomorfológicas do município de Manaus.....	23
Figura 7 - Mapa da hipsometria da área do Ramal da Água Preta/Areal.	24
Figura 8 - Mapa da área do Ramal da Água Preta/Areal com curvas de nível e cotas.....	25
Figura 9 - Mapa de classe de solo do município de Manaus.....	26
Figura 10 - Mapa de textura do solo do município de Manaus	27
Figura 11 - Mapa da vegetação do município de Manaus.....	28
Figura 12 - Vista parcial do ramal Água Preta/Areal, e suas formas de uso e ocupação do solo.	43
Figura 13 - Uso do solo do ramal Água Preta/Areal	45
Figura 14 - Manutenção nas declividades do ramal da Água Preta com base rejeito de asfalto.	48
Figura 15 - Formação de pond's, (poças), no ramal da Água Preta/Areal.	60
Figura 16 - Trecho do ramal da Água Preta, com copas das árvores sombreando o ramal.....	61
Figura 17 - Erosão e assoreamento ao longo do ramal.....	63
Figura 18 - Erosão pluvial	64
Figura 19 - Processos erosivos e assoreamento.....	65
Figura 20 - Processo erosivos em talude de corte	66
Figura 21 - Vista parcial da voçoroca, que teve seu início durante o ano de 1986. A seta vermelha indica o antigo traçado do ramal Água Preta e ao fundo o igarapé assoreado com o material erodido da voçoroca. Esse ponto é o marco divisor entre ramal da Água Preta e Areal.	67
Figura 22 - Problemas de drenagem no ramal da Água Preta/Areal	70
Figura 23 - Represamento dos igarapés no ramal no ramal da Água Preta/Areal.....	70

Figura 24 - Bueiro de pau ocado e o processo de assoreamento de um igarapé no ramal da Água Preta/Areal	71
Figura 25 - Impactos nos igarapés ocasionados por bueiros inadequados.	72
Figura 26 - Represamento de afluentes, da margem esquerda, do lago do Igarapé do Leão ...	73
Figura 27 - Aspectos das pontes de pau roliço e de concreto ao longo do ramal.....	74
Figura 28 - “Pinguela” obstruindo o fluxo de água e retendo materiais sólidos	75
Figura 29 - Características dos canais de drenagem ao longo do ramal.....	76
Figura 30 - Características da manutenção do ramal.....	78
Figura 31 - Tipos de defeitos no corpo estradal do ramal Água Preta-Areal	79
Figura 32 - Consequências da extração de areia.....	83
Figura 33 - Extração de areia no ramal Areal.....	84
Figura 34 - Lixos descartadas ao longo do ramal Água Preta/Areal	85
Figura 35 - Vegetação se reconstituindo naturalmente, após a extração da areia (ramal do Areal).	88
Figura 36 - Categoria morfodinâmica – meios instáveis do ramal Água Preta/Areal	92
Figura 37 - Mapa das Unidades Ecodinâmicas do Ramal Água Preta/Areal.	95

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Espécies vegetais de terra firme encontradas na área de estudo (2019).....	62
Quadro 2 - Características ecodinâmicas da paisagem do ramal da Água Preta/Areal, zona rural de Manaus.	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das degradações ambientais do ramal da Água Preta/Areal quanto à severidade	86
Tabela 2 - Avaliação da vulnerabilidade erosiva da área de estudo, segundo Tricart (1977)...	91
Tabela 3 - Grau de declividade, segundo Ross (1994).....	93

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	15
1.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	16
2 ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO E AS FORMAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	19
2.1 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPONENTES GEOECOLÓGICOS.....	20
2.2 O USO E OCUPAÇÃO DA TERRA.....	29
3 RODOVIAS AMAZÔNICAS E CONCEITOS FUNDAMENTAIS DOS PROBLEMAS AMBIENTAIS CAUSADOS POR SUAS VICINAIS	31
3.1 A RODOVIARIZAÇÃO NO TERRITÓRIO BRASILEIRO.....	35
3.2 BREVE HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO DA AMAZÔNIA A PARTIR DA DÉCADA DE 50	37
3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A OCUPAÇÃO DA TERRA NO AMAZONAS	40
3.4 O INÍCIO DA OCUPAÇÃO – 1969: RAMAL DA ÁGUA PRETA/AREAL	41
3.5 ESTRADAS RURAIS E RAMAIS: ASPECTOS CONCEITUAIS	46
3.6 IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS.....	49
3.6.1 Estudo de traçados de uma rodovia.....	51
3.6.2 Fase da construção	53
3.6.3 Fase da conservação e restauração	55
3.6.4 Fase da operação das obras	55
4 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO RAMAL DA ÁGUA PRETA/AREAL	56
4.1 Os processos erosivos.....	57
4.2 A erosão do tipo voçoroca.....	66
4.3 Pontes e bueiros inadequados e barragem dos cursos d'água	69
4.4 Ausência de sistema de drenagem adequado	75
4.5 A falta de manutenção adequada do ramal.....	77
4.6 Defeitos comuns encontrados no ramal da Água Preta/Areal	79
4.7 A extração mineral – areia e arenito.....	81
5 AS UNIDADES ECODINÂMICAS DA ESTABILIDADE AMBIENTAL NO RAMAL DA ÁGUA PRETA/AREAL.....	87
5.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS UNIDADES ECODINÂMICAS	87
5.2 AS UNIDADES ECODINÂMICAS E A ESTABILIDADE AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO.....	93
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	99
7 REFERÊNCIAS.....	101

1 INTRODUÇÃO

A implantação de ramais pavimentados ou não pavimentados no Estado do Amazonas, além de permitir o escoamento de produtos agropecuários e interligar as áreas rurais aos centros urbanos tem importância social, pois facilita a mobilidade dos moradores locais, o acesso ao ambiente escolar e aos bens de consumo familiar.

No entanto, a abertura dos ramais geram impactos ambientais negativos nos meios: biótico (retirada da cobertura vegetal, fuga da fauna, etc.), abiótico (alteração do relevo, perda do solo, assoreamento dos cursos d'água, erosão, etc.), e antrópico (aumento no fluxo de veículos, geração de resíduos sólidos, impactos culturais, etc.) os quais afetam a qualidade de vida dos seus moradores, particularmente quando o projeto de implantação dos ramais não possui estudos ambientais exigidos pelos órgãos licenciadores, e não realiza-se ações de gerenciamento e fiscalização ambientais regulares.

Vários ramais na zona rural da Região Metropolitana de Manaus não são pavimentados. Apresentam, em certos trechos, vários problemas ambientais e muitos não têm boas condições de tráfego, principalmente no período chuvoso, entre dezembro a maio, mas mesmo assim eles são importantes para a mobilidade dos moradores rurais. É mister estudos ambientais sobre uso adequado destes.

De acordo com Moraes (2004, p. 2) “os projetos rodoviários geralmente promovem o desenvolvimento econômico e bem-estar social das pessoas”, mas também podem trazer efeitos negativos à população local e ao ambiente. Dessa maneira, são necessários estudos que levem em consideração os elementos presentes na paisagem dessas estradas rurais.

Para Cunha *et al.* (2013, p. 108) “é neste contexto que se tornam necessárias as pesquisas referentes aos elementos presentes nas paisagens”, na tentativa de mitigar os problemas causados pela implantação, permanência e manutenção das estradas rurais não pavimentadas.

Diante disso, esta pesquisa teve por objetivo compreender a degradação ambiental no ramal da Água Preta/Areal, que interliga o Km 32 da Rodovia AM-010 ao Km 10 da Rodovia BR-174, na zona rural do município de Manaus. O uso e a ocupação desordenada do solo no referido ramal geraram e continuam gerando vários danos ambientais, dentre os quais destacam-se: a retirada irregular de areia, a retirada da cobertura florestal, os processos erosivos e a obstrução dos canais fluviais atravessados pelo ramal.

No que refere-se à abordagem ambiental na geografia, os ambientes naturais alterados pelas ações antrópicas para apropriação de recursos e do território podem ser estudados a partir do conceito de Unidades Ecodinâmicas, de Jean Tricart (1977). No âmbito dos estudos geográficos e ambientais, considerando o conceito de análise ecodinâmica, os ramais sem manutenção, gestão e monitoramento, apresentam fragilidade ambiental.

Dessa forma, este trabalho identificou as características de estabilidade ecodinâmica no ramal da Água Preta/Areal, levando em consideração o levantamento bibliográfico, empírico e cartográfico, com o intuito de fornecer suporte teórico ao desenvolvimento do trabalho. Na segunda etapa, realizou-se a seleção de dados disponíveis relacionados à área de estudo e caracterização da mesma, levando em consideração os referidos dados, incluindo mapa temático.

1.1 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

O objetivo geral da pesquisa foi compreender os problemas ambientais no ramal da Água Preta/Areal, situado na zona rural de Manaus/AM. Para se chegar ao objetivo geral elencaram-se os seguintes objetivos específicos: caracterizar ambientalmente o ramal da Água Preta/Areal, identificando os principais usos e formas de ocupação do solo; identificar e descrever os principais problemas ambientais ocorridos e correntes ao longo do ramal da Água Preta/Areal, a partir das percepções de seus habitantes; identificar e caracterizar os aspectos ecodinâmicos do ramal da Água Preta/Areal, de modo a definir os níveis de estabilidade ambiental.

Nas rodovias federais e estaduais do estado do Amazonas discute-se muito sobre os impactos ambientais negativos (processos erosivos, alterações no escoamento das águas precipitadas, desmatamento, assoreamento dos cursos d'água, mortalidade e fuga da fauna silvestre, etc.), principalmente na BR-174, BR-319 e AM-010, AM-070 e AM-352. No entanto, são ínfimos os trabalhos sobre as consequências da construção e do uso e ocupação do solo dos ramais não pavimentados da zona rural do município de Manaus.

Abordar as consequências de construção e das atividades antrópicas suscetíveis de gerarem problemas ao ambiente do ramal da Água Preta/Areal e fazer sua relação com a análise da morfodinâmica, é essencial para compreender os impactos ambientais, com vistas a minimizar os problemas gerados durante a fase de construção da estrada rural e ordenar o uso e ocupação desta.

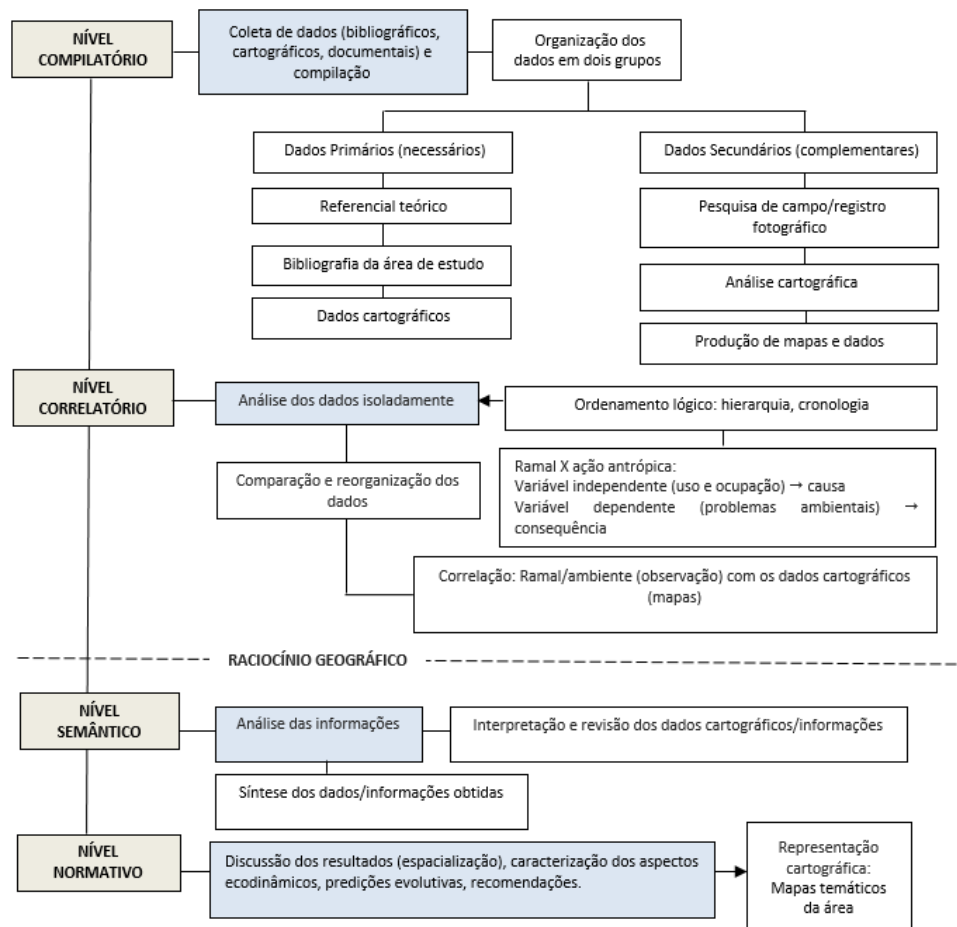
Ressalta-se que o ramal da Água Preta/Areal conecta a rodovia estadual AM-010, que liga o município de Manaus aos municípios de Rio Preto da Eva e Itacoatiara, e a BR-174, importante rodovia, que é a principal via de acesso de Manaus à Boa Vista (RR). Além disso, o traçado do ramal segue paralelo ao igarapé do Leão (tributário do rio Tarumã-Açu) que apresenta várias alterações ambientais no perímetro da sua bacia.

Nesse sentido, este trabalho contribui para mitigar os problemas socioambientais presentes no ramal, pois se observa que a degradação cresce de forma acelerada sobre os ecossistemas e os moradores vêm perdendo o sentimento de pertencimento em relação ao ramal, devido à descaracterização da paisagem.

1.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A orientação metodológica da pesquisa seguiu a proposta de André Libault (1971), fundamentada em quatro níveis geográficos (Figura 01).

Figura 1 - Procedimento metodológico com base nos quatro níveis de pesquisa geográfica de Libault (1971)



Fonte: Adaptado por Mircia Fortes (2019).

O nível compilatório correspondeu à coleta de dados bibliográficos, cartográficos e documentais, seguido de compilação destes e trabalho de campo.

Posteriormente, a correlação e comparação dos dados coletados no nível anterior, para estabelecer a análise e interpretação, representou o nível correlativo. Foi o aprimoramento e seleção das informações.

O nível semântico teve início a partir do que foi selecionado e correlacionado nas etapas anteriores, com a realização, organização e cruzamento de todas as informações obtidas, ou seja, foi o momento da análise parcial e revisão dos dados.

A geração de mapas temáticos traduz os aspectos espaciais e ambientais da pesquisa e refere-se ao nível normativo, com apoio do trabalho de campo, dos registros fotográficos digitais utilizando recursos de câmaras fotográficas de telefone celular e drone DJI Phantom 4 PRO OBSIDIAN.

Através da observação e percorrendo o ramal da Água Preta/Areal, entre a rodovia AM-010 e a BR-174, e com interpretações das imagens de satélite, fez-se a delimitação da área.

Durante os seis trabalhos de campo realizou-se o reconhecimento da área, coleta de dados, entrevistas não diretivas com moradores, uma verificação de como os moradores percebem os problemas ambientais no ramal e registro fotográficos. Os sujeitos sociais entrevistados de forma aberta foram pequenos proprietários, moradores antigos e atuais, agricultores de subsistência e caseiros. Todos residentes no ramal da Água Preta/Areal.

Para a elaboração dos mapas de localização utilizaram-se os sites do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Secretaria Municipal de Saúde (SEMSA) e Google Maps. A SEMSA utiliza os shapefiles de bairros de Manaus para fazer ordenamento territorial de saúde. Todas essas informações foram coletadas para fins de elaborar produtos cartográficos.

Através do uso do sensoriamento remoto foi possível identificar a extensão da vicinal e as características geográficas. Segundo Silva (2013), o desenvolvimento de mapas da superfície da terra nos permite localizar as mudanças no meio e avaliar os rumos tomados pela sociedade, sobre o que diz respeito à exploração dos bens naturais na busca do desenvolvimento econômico. Dessa maneira, fez-se a opção pelo o software Google Earth Pró - versão 7.3.0, pois o Google Earth é uma aplicação que usa tecnologia avançada para mostrar ao utilizador uma fantástica perspectiva tridimensional de qualquer local no mundo.

Para caracterizar a área de estudo, foram realizados mapeamentos fazendo uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS (Quantum GIS), utilizando bases

cartográficas das seguintes fontes: IBGE (2010), TOPODATA (2000) e USGS (2018). Com essas bases, foram construídos os mapas de localização, geomorfométricos (curva de nível e hipsometria), e classificação Ecodinâmica (TRICART, 1977).

No mapeamento para classificação Ecodinâmica de Tricart (1977) foram usadas as chaves de interpretação de imagem de satélite (FLORENZANO, 2007), assim, foi possível identificar os três classificadores estável, intergrade e instável (pedogênese, equilíbrio pedogênese/morfogênese e morfogênese, respectivamente) e realizar a técnica de classificação supervisionada.

A identificação e caracterização dos problemas ambientais foram feitas com base na análise morfodinâmica de Tricart (1977), que propõe a identificação das unidades ecodinâmicas em três categorias: meios estáveis, meios intergrades e meios fortemente instáveis.

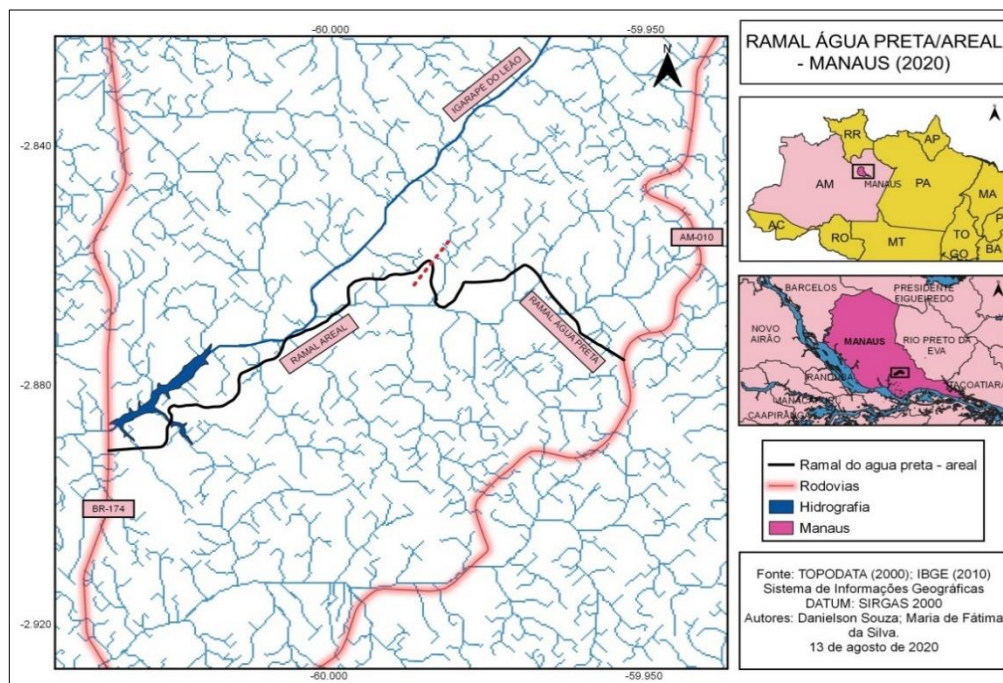
Os meios estáveis têm por características a cobertura vegetal, dissecação moderada, sem incisão violenta dos cursos d'água e vertentes de lenta evolução. O meio intergrades, quer dizer uma transição, assegura a passagem gradual entre os meios estáveis e instáveis. As unidades ecodinâmicas fortemente instáveis, de acordo com Ross (2014, p. 50), ocorrem com os meios que apresentam características de desequilíbrio ou instabilidade morfogenética. Entre os fatores que favorecem, estão as variações fortes e irregulares de chuvas, declividades fortes e extensas, solos com baixo grau de coesão, entre outros.

2 ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO E AS FORMAS DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A área de estudo abrange a extensão do Ramal da Água Preta/Areal, da Rodovia estadual AM-010, km 32 (margem esquerda), ao km 10 da Rodovia Federal BR-174 (Figura 1). Toda a área está sob o limite municipal de Manaus. O referido ramal que interliga as rodovias é o principal meio de deslocamento para agricultores e trabalhadores das áreas de extração de areia.

Os limites da área de estudo correspondem às seguintes coordenadas geográficas: 2°52'31.67"S e 59°57'12.39" O (entrada do ramal pela AM-010), 2°51'46.53"S e 59°59'46.88" O (setor intermediário do ramal) e 2°53'27.60"S e 60°2'6.32"O (saída na BR-174). O ramal possui uma extensão de 12,5 km, estendendo-se por dois grandes eixos viários intermunicipais e interestadual, AM-010 e BR-174, respectivamente.

Figura 2 - Localização do Ramal da Água Preta/Areal. A linha tracejada vermelha indica que uma voçoroca serve de limite entre o ramal Areal e o ramal da Água Preta.



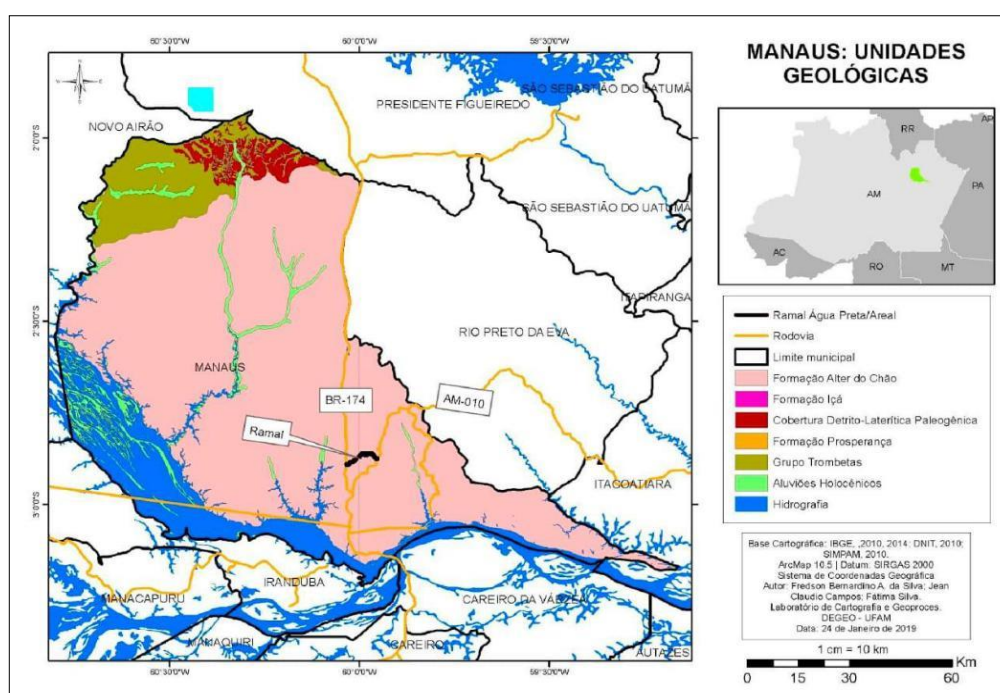
2.1 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPONENTES GEOECOLÓGICOS

Para analisar os processos morfodinâmicos, é necessário realizar uma análise integradora dos componentes geoecológicos da área de estudo (estrutura geológica, geomorfológica, hidrológica, pedológica, climatológica e vegetação).

Tricart (1977) enfatiza que os aspectos dinâmicos do ambiente estão estreitamente relacionados, ou seja, as inter-relações entre os componentes geoecológicos e o fluxo de energia/matéria no ambiente permitem identificar quais vão ser as modificações indiretas causadas por uma intervenção que afeta outro componente do ambiente.

As rodovias AM-010 e BR-174 estão estabelecidas sobre a Formação Alter do Chão (FmAC), de idade cretácica (do Aptiano ao Maastrichtiano) (Figura 2), pertencente ao Grupo Javari, e composta de arenitos avermelhados, argilitos e fragmentos rudáceos retrabalhados de níveis sedimentares recém depositados, atribuídos aos sistemas fluvial e lacustre/deltaico (DAEMON, 1975). Os antigos clássicos pioneiros que dão conta da Formação Alter do Chão (CAPUTO *et al.*, 1972; DAEMON, 1975; DINO *et al.*, 1999; CUNHA *et al.*, 1994), caracterizam essa sequência deposicional como composta por arenitos médios a grossos avermelhados, siltitos e argilitos de coloração avermelhada e conglomerados, caulíníticos de coloração branco-acinzentada.

Figura 3 - Mapa das unidades geoecológicas do município de Manaus.



Essa formação caracteriza-se, então, por camadas arenosas estratificadas e caulíníticas, com aparência esbranquiçada. Devido à presença de unidades pedológicas arenosas, realiza-se a intensa extração de areia ao longo do ramal (Figura 3).

Figura 4 - Imagem do drone DJI Phantom4PRO OBSIDIAN, de 15/07/2019, mostrando detalhes das cavas de areia abandonadas, sendo aproveitadas para piscicultura.



Fonte: Levantamento de campo, 2019. Foto: Maria de Fátima da Silva.

A FmAC estende-se do oeste paraense ao centro-norte do Amazonas, e conforme Barros *et al.* (2003) ocorre em toda a área do município de Manaus e têm seus limites até aproximadamente o Km-85 da BR-174, apresentando na cidade de Manaus 200 metros de espessura (CPRM, 2002). A feição compacta de arenito, siltito e argilito silicificados e ferruginosos é denominada de Arenito Manaus.

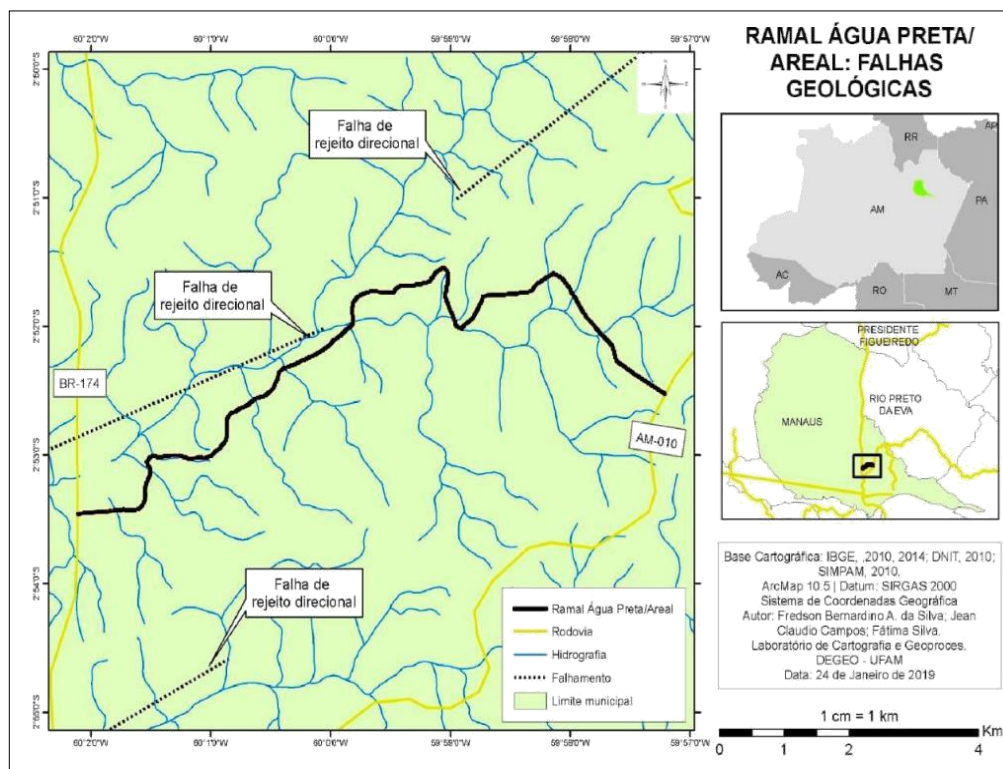
O domínio morfoestrutural é definido pela bacia e cobertura sedimentar fanerozóica Amazonas, caracterizada por planaltos desenvolvidos sobre rochas eventualmente dobradas e/ou falhadas, em diversos ambientes de sedimentação (IBGE, 2009).

Na área de estudo, as falhas são de rejeito direcional ou transcorrentes (CPRM, 2019) e apresentam os movimentos dos blocos de forma paralela à direção das falhas, e que, normalmente, controlam a distribuição dos igarapés na área de pesquisa (Figura 4).

Nesse caso, pode-se averiguar lineamentos que diretamente se associam aos falhamentos e à característica da rede de drenagem. Guerra e Guerra (1997) definem os

lineamentos como feições de larga escala, que aparecem no relevo de uma região, podendo ser representadas por um vale, resultante da geologia estrutural.

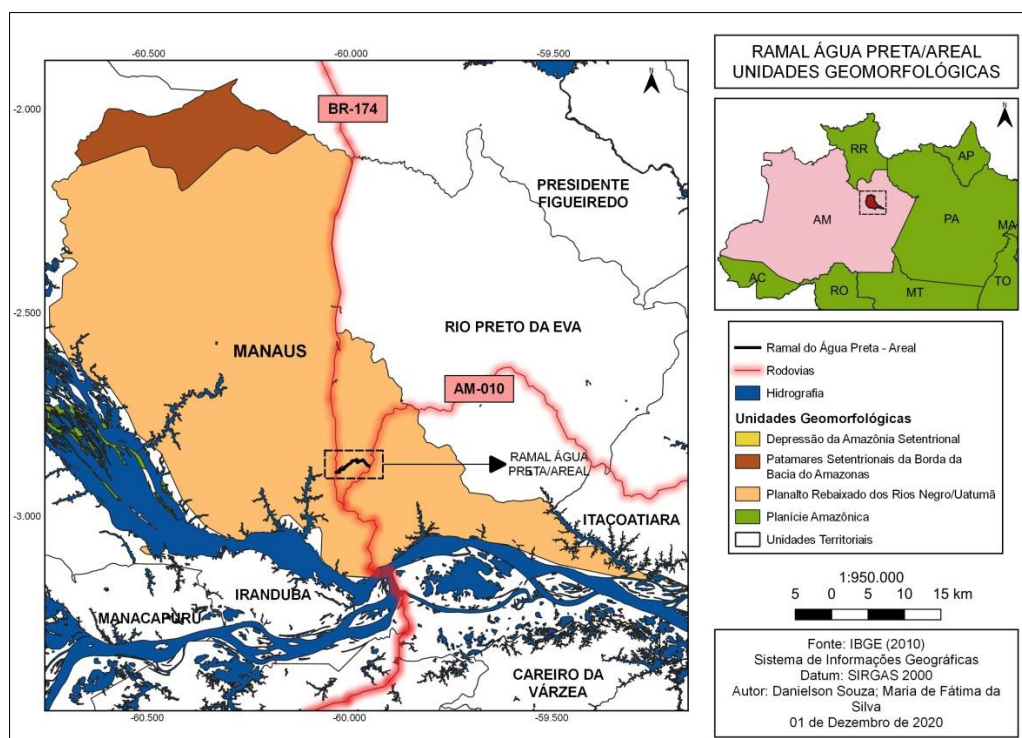
Figura 5 - Falhas de rejeito direcional no entorno do Ramal da Água Preta/Areal.



O domínio paisagístico e macro ecológico é o Equatorial Amazônico (AB'SABER, 2003), composto por baixos platôs (terras baixas), configurando uma superfície tabular, cobertos por florestas úmidas. Os baixos platôs são, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2009), relativamente planos ou dissecados, limitados total ou parcialmente por superfícies mais baixas, onde os processos erosivos superam os de sedimentação.

O ramal da Água Preta/Areal está integralmente inserido na Unidade Planalto Rebaixado dos Rios Negro/Uatumã - PRRN/U (IBGE, 2006), Relevo composto por uma área representada por platôs de topos convexos, topos aplainados e sistemas de colinas (SANTOS, 2006, p. 53) (Figura 5). Essa unidade geomorfológica foi reclassificada pelo IBGE (2010) como Planalto do Uatumã-Jari, com formas de relevos em colinas e morros, com altitudes chegando a 100 e 200 metros e dissecação em formas onduladas com patamares escalonados.

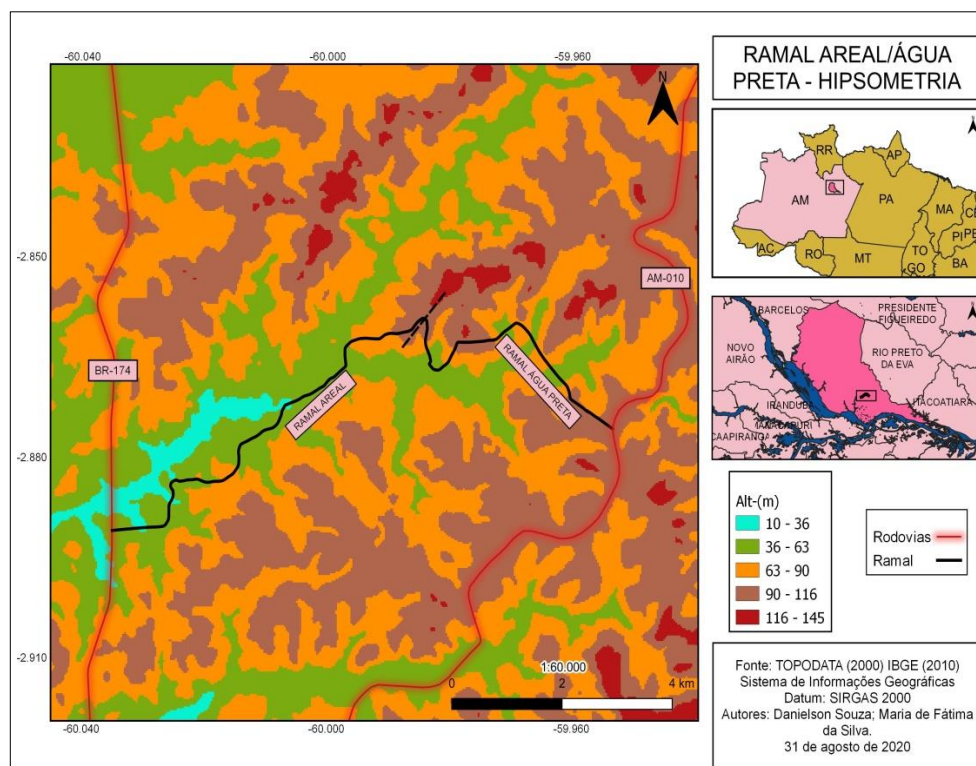
Figura 6 - Unidades geomorfológicas do município de Manaus.



De acordo com Sarges *et al.* (2011), a formação do relevo, sob variação altimétrica, permite a definição de faixas hipsométricas que possibilitam visualizar a relação, distribuição e organização espacial das feições geomórficas de determinada área. Para os referidos autores, a segunda faixa altimétrica está entre 25 e 65m, sendo relativo aos vales de tributários dos rios Negro, composto por terraços fluviais e erosivos. Já a terceira faixa altimétrica, entre 65 e 90m, abrange as vertentes dos interflúvios tabulares estreitos e com elevado grau de dissecação. O quarto intervalo altimétrico, entre 90 e 115m, representa os divisores de drenagens ramificadas e alongadas, na direção NW-SE e N-S. A quinta faixa altimétrica, de 115m, pontua os topos planos dos divisores tabulares.

O mapa hipsométrico (Figura 6) mostra a variação altimétrica ao longo do ramal. No setor oeste (próximo a BR-174) o nível altimétrico fica em torno de 25 a 65 metros, e em alguns trechos, ultrapassam os 65 metros. A partir das coordenadas 59°59'W e 2°52 os níveis altimétricos do relevo passam a atingir cotas de 100 a 130 metros. No mapa se verifica que o início do ramal pela AM-010 encontra-se em altitudes elevadas (102 a 132 metros) e a área do ramal próximo da BR-174 encontra-se em baixas altitudes (20 a 51 metros). De acordo com CPRM (2010, p. 37), nessa área predominam baixos platôs, embasados por rochas sedimentares cretácicas da Formação Alter do Chão, são dissecados em um relevo de colinas tabulares.

Figura 7 - Mapa da hipsometria da área do Ramal da Água Preta/Areal.

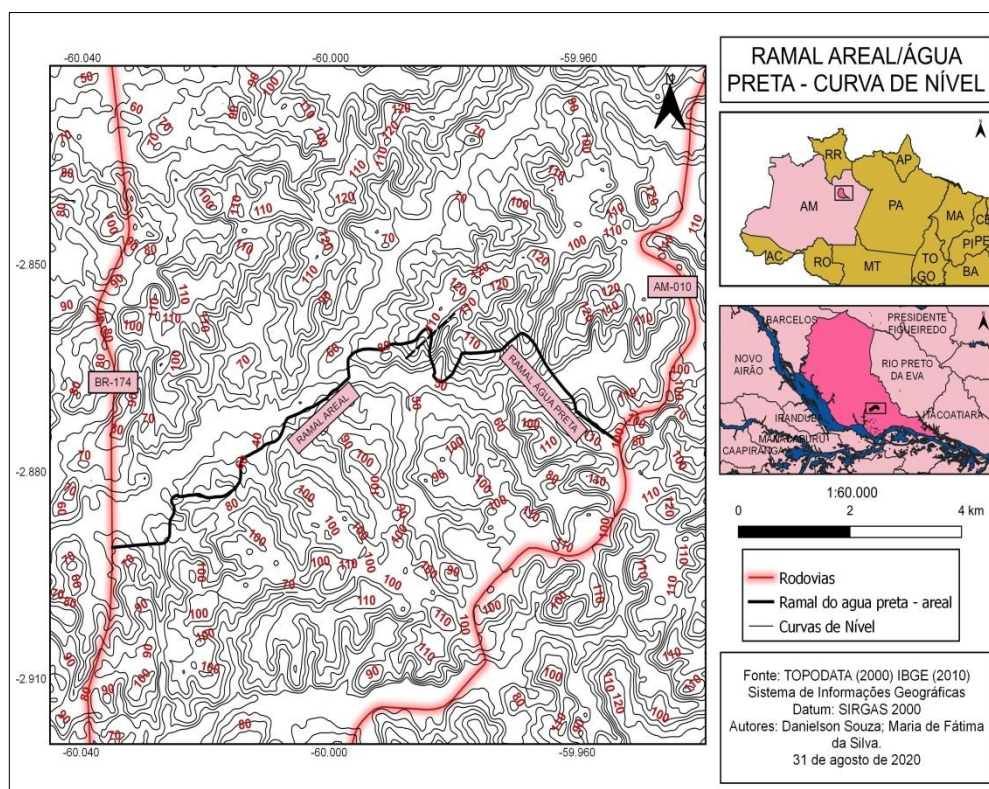


Portanto, uma das principais características do PRRN/U é a presença marcante de colina, compondo todo o relevo da unidade geomorfológica. Conforme o mapa, as maiores altitudes situam-se no Ramal da Água Preta, no setor leste da AM-010.

A partir das curvas de nível (Figura 7) observa-se um relativo espaçamento das curvas à margem esquerda do ramal, no sentido NE-SW. Esta conformação das linhas indica a ocorrência de áreas planas, com declives baixos que caracterizam a planície dos cursos d'água. Enquanto que nas linhas com menor espaçamento, o relevo tem um aspecto íngreme, principalmente na parte leste do Ramal da Água Preta. Essa declividade do terreno pode influenciar tanto no uso e ocupação do solo da área, principalmente para a retirada de areia, quanto para o potencial de escoamento e infiltração da água pela superfície e processos erosivos.

Os baixos platôs estão escalonados com cotas variando entre 40 e 120 metros (Figura 7). No entanto, o ramal corta os pontos representados por 40m, 60m, 80m e 100m de altitude. No sentido SW-NE estão as menores altitudes, que variam de 40 e 60 metros, decrescendo para o vale do igarapé do Leão. No sentido SE-NW estão as maiores altitudes (maior declividade), pois abrange as cabeceiras.

Figura 8 - Mapa da área do Ramal da Água Preta/Areal com curvas de nível e cotas.



Carvalho e Molinari (2014) argumentam que os lineamentos ao longo da BR-174 exercem influência nos processos erosivos, sobretudo no voçorocamento. Os autores interpretam que a maioria das incisões erosivas está inserida em vales de formato em “U”, apresentando canais de 1ª e 2ª ordem.

As águas dos igarapés que drenam a área de pesquisa têm suas nascentes no escudo das Guianas ou nas rochas sedimentares cretáceas da Bacia do Amazonas e são, predominantemente, de cores pretas, poucas condutivas e muito ácidas. Sioli (1991) mostra que a formação de águas claras e águas pretas estão correlacionadas aos tipos de solos. Segundo o citado autor, os solos determinam a decomposição das substâncias vegetais mortas, seja no sentido da oxidação, como os latossolos, originando-se as águas claras. Já os Espodosolos formam ácidos húmicos e fúlvicos, que dissolvidos nas águas de percolação vão alcançar o lençol freático, tingindo-o, e posteriormente aflorar nos igarapés.

Os igarapés do Ramal da Água Preta/Areal têm a coloração preta, que de acordo com Ab’Saber (2003) trata-se de rios que nascem e correm em terra firme e florestada.

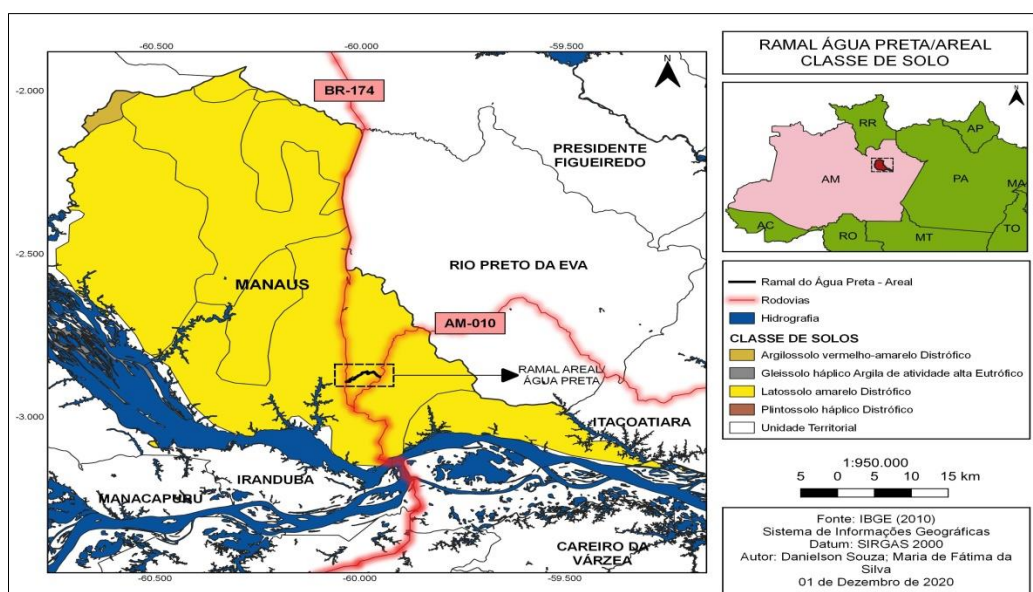
De acordo com Albuquerque (1999) o Igarapé do Leão nasce em zonas delimitadas pelo contato entre superfícies pediplanizadas de NE e as faixas de depressão central da

Amazônia, deságua no Igarapé do Tarumã-Açu, tributário da margem esquerda do Rio Negro, após 25 km percorridos. A maior parte do curso hidrográfico do Igarapé do Leão situa-se entre as rodovias AM-010 (Manaus-Itacoatiara) e BR-174 (Manaus-Boa Vista).

A rede hidrográfica da bacia do Leão apresenta padrão de drenagem orientado pela tectônica. O aspecto subparalelo origina-se do tectonismo local, resultado de uma faixa de subsistência de falhas e faturas.

Segundo dados da CPRM (2010), das classes de solo predominante no domínio amazônico no Estado do Amazonas, a distribuição dos solos no território divide-se em 45% da presença de Argissolos, 26% são Latossolos com predominância de Latossolo Amarelo e concentram-se na área de terra firme. Gleissolos Háplicos e Neossolos Flúvicos predominam nas planícies de inundações e somam 9%, os Espodossolos contabilizam 7%, predominam ao norte do estado, Plintossolos 3,5% predominam ao sul do Amazonas e outras classes que se apresentam em menor quantidade nas demais áreas (Figura 8).

Figura 9 - Mapa de classe de solo do município de Manaus



De acordo com a EMBRAPA (2003), o latossolo amarelo pode ser encontrado em diversos tipos de relevo, ondulados ou planos, sendo muito argiloso e considerado distrófico por ter fertilidade baixa. Segundo Lepsh (2011), 41,1% do solo encontrado em toda a Amazônia é latossolo.

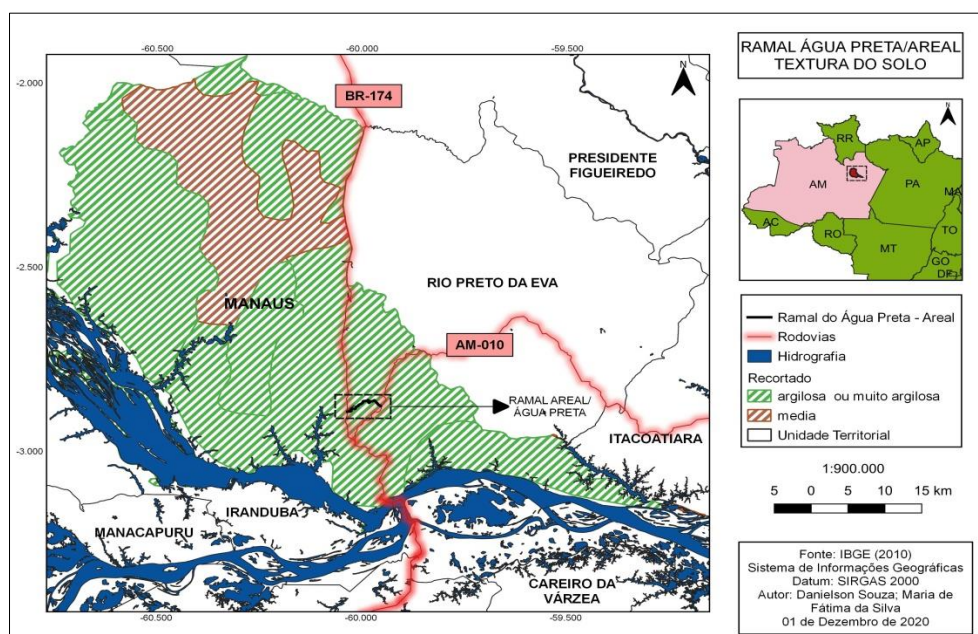
No ramal Água da Preta/Areal, verifica-se a presença de latossolo amarelo textura argilosa, latossolo amarelo textura arenosa e areias quartzosas, as quais estão associadas ao Arenito Manaus e estão presentes nas cotas mais baixas do relevo e nas áreas planas.

As análises de Albuquerque (1999) sobre os solos da área da Bacia do Leão foram estabelecidas com base nos seguintes parâmetros: reconhecimento de campo, utilização de referências pedológicas realizadas pelo IPEAM (1972) e a importância do material de origem - a FmAC - com superfície basal formada pelo Arenito Manaus.

Este arenito encontra-se em formas de lajedos, ora apresenta-se no topo das superfícies, ora está encoberto por uma porção de material argilo-arenoso bastante intemperizado, constituindo em alguns casos a parte basal de latossolos. (RADAM, 1978 apud REBELO, 2004). O Arenito Manaus aflora em várias partes do ramal Água Preta/Areal, em cores esbranquiçada e amarelada, e em trechos do Ramal da Água Preta, afloram na tonalidade vermelho escuro.

Bem como afirma Vieira (2008) destacando Curi (1993), as variações de cor verde e afins são de alto teor de argila (Figura 9), sendo considerados solos “envelhecidos”, relativamente profundos, de cor amarelada tipicamente cauliníticos, frequentemente agregados com grande coerência, sendo quase sempre álicos.

Figura 10 - Mapa de textura do solo do município de Manaus



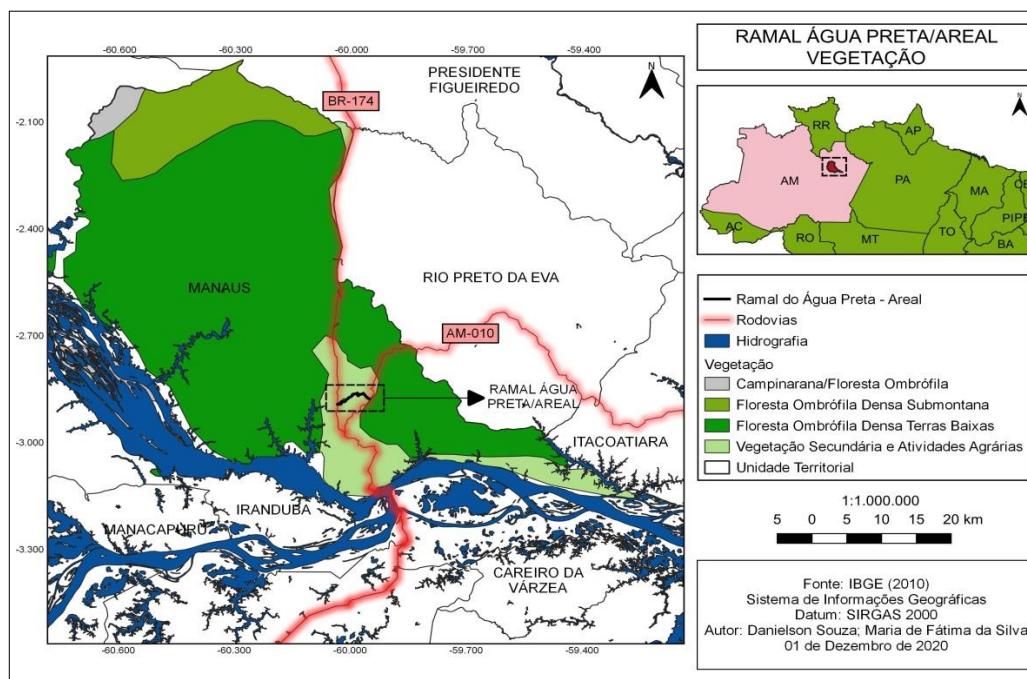
Esse alto teor de argila apresenta muita acidez e baixa fertilidade natural por ter teores reduzidos de bases, como fósforo. Essa classe textural não é viável para a agricultura no Amazonas, sendo necessário corrigir o solo e utilizar muito adubo.

No entorno da área de pesquisa o tipo de vegetação é caracterizado como Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas. A situação ombrotérmica dessa vegetação está associada a fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25°C) e chuvas distribuídas durante o ano (0 a 60 dias secos), o que ocasiona uma situação bioecológica quase sem período biologicamente seco (IBGE, 2012).

Segundo Ab'Saber (1993), a pluviosidade mantém a floresta ombrófila. Essa vegetação tem como características copas fechadas e árvores de grande porte.

Entretanto, ressalta-se que o Ramal da Água Preta/Areal apresenta, predominantemente, uma vegetação secundária (Figura 10), resultado da intervenção antrópica. O IBGE (2012) descreve essa classificação como uma descaracterização da vegetação primária através da intervenção antrópica para uso da terra (agricultura, pecuária, mineração e etc.). Logo, a recuperação das áreas depende da forma de ocupação empregada.

Figura 11 - Mapa da vegetação do município de Manaus.



Na área, também encontra-se a formação vegetal de Campinarana em contato com a Floresta Ombrófila Densa, associada a solos arenosos hidromórficos, lixiviados, profundos,

com baixíssima fertilidade e ocasionalmente com matéria orgânica em sub-superfície. A fitofisionomia escleromórfica, com uma biota pobre, porém rica em endemismos.

2.2 O USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

A terra é um bem de valor. Seu uso é uma questão que acompanha o homem desde a sua existência, sendo alvo de conflitos entre vizinhos, famílias, estados e países. No Brasil a ocupação da terra é uma questão de distribuição desigual. Os estudos do uso e ocupação da terra objetiva identificar os processos produtivos e os possíveis impactos ambientais decorrentes.

O uso da terra está associado às atividades conduzidas pelo homem relacionadas com uma extensão de terra ou a um ecossistema. É considerado como uma série de operações desenvolvidas pelos homens, com a intenção de obter produtos e benefícios, através do uso dos seus recursos (BIE; LEEUWEN; ZUIDEMA, 1996), ou seja, é uma atividade humana, que está diretamente relacionada com a terra (CLAWSON; STEWART, 1965 apud ANDERSON *et al.*, 1979 p. 20). O uso da terra está relacionado com a função socioeconômica (agricultura, habitação, proteção ambiental) da superfície básica (BOSSARD *et al.*, 2000, p.15, tradução nossa) Manual do (IBGE, 2013).

Desde o período colonial até o Século XIX, foi frequente no Brasil a existência de terras de uso comum, especialmente entre as populações rurais desprovidas de terras, possibilitando o uso para pequenos criatórios, acesso à extração de lenha, madeira e para a complementação de suas necessidades básicas (IBGE-2013). A população de baixa renda não tinha direito sobre a propriedade da terra. As concentrações de terras rurais estavam nas mãos dos mais ricos e influentes, a elite latifundiária, fato gerador do êxodo rural. Para os pobres possuírem terras, só era possível através da compra, porém a posse de terras por pequenos produtores era considerada ilegal.

No ramal da Água Preta/Areal o uso/ocupação do solo predominante é a agricultura de subsistência (pequenos agricultores), seguindo de sítios, pequenos loteamentos e lavras de exploração de areia. É uma área de ocupação rarefeita, ou seja, as casas são muito afastadas uma das outras.

Motivado pelo processo de ocupação nas áreas citadas acima, percebe-se forte impacto na cobertura vegetal, ocorridos a partir da primeira década no século XXI, devido a pequenos loteamentos, e, por conseguinte, a cobertura vegetal primária foi parcialmente devastada, sendo substituída por vegetação secundária.

Segundo Gonçalves e Guerra (2004, p. 225) “surgem nas áreas desmatadas da Floresta Ombrófila Densa corresponde às capoeiras e capoeirões [...] constitui a nova fisionomia que surge em substituição à vegetação anterior”.

O uso e ocupação da terra entre os anos de 2002 a 2019 foram intensificados no ramal da Água Preta/Areal. As áreas de florestas composta por grande quantidade de bromélias e orquídeas (*Cattleya eldorado*), foram derrubadas e/ou queimadas, transformando-se em extensas capoeiras. São as possíveis alterações da interferência antrópica sobre o meio ambiente.

Para Martins Júnior (2008), a ocupação intensa e desordenada dos ambientes tem implicado em reações indesejáveis no processo de esculturação do relevo. Sendo assim, a inter-relação entre o homem e os elementos naturais, os impactos ambientais que se processam pela falta de conhecimento, causam interferências na dinâmica ambiental.

O uso/ocupação do solo conduz a diversos resultados negativos, entre os quais, impactos ambientais de difícil reversão, como perdas da floresta pelos desmatamentos, perda da biodiversidade, de habitats, mudanças climáticas, doenças, impactos no meio rural e no meio urbano. Sendo assim, qualquer mudança de uso da terra produz muitos efeitos ecológicos sobre a floresta, e, consequentemente sobre todos os elementos que compõe a paisagem.

3 RODOVIAS AMAZÔNICAS E CONCEITOS FUNDAMENTAIS DOS PROBLEMAS AMBIENTAIS CAUSADOS POR SUAS VICINAIS

A história das rodovias na região amazônica brasileira se deu nas décadas dos anos 50 e 60. Nos anos 50 ocorreu a abertura da rodovia radial Belém-Brasília (BR-010) ou Rodovia Bernardo Sayão e da rodovia diagonal Brasília-Acre (BR 29, que hoje é a BR-364). Já nos anos 60, no governo militar, realizou-se a construção de outras rodovias, como as longitudinais Cuiabá-Santarém (BR-163) e Manaus-Boas Vista (BR-174), entre as décadas de 1970 e 1980, as transversais Perimetrais Norte (BR-210) e Transamazônica (BR-230) e a diagonal Álvaro Maia ou Manaus-Porto Velho (BR-319).

A Rodovia AM-010 é também conhecida como Rodovia Torquato Tapajós ou Deputado Vital de Mendonça, foi projetada na última década de 1800, como AM-1, pelo engenheiro amazonense Torquato Xavier Monteiro Tapajós, para ligar Manaus ao município de Itacoatiara. A ideia era conectar os dois municípios e coloniza-la com imigrantes, a chamada “colonização e imigração”.

A rodovia AM-1: A pioneira, como a primeira no Amazonas, significou numerosas cifras e a penetração da parte central do Estado, com a ideia de fixar o homem amazonense em terra firme. Várias expedições foram enviadas para explorar, em forma de picada (caminho estreito por entre a floresta), por onde seria a abertura da estrada Manaus-Itacoatiara.

Na publicação de Abreu (2009), mostra-se um dos relatórios indicando a chegada em Itacoatiara no publicado no Diário Oficial, nº 9.479, de 28 de outubro de 1926, que relatou:

Nessa picada que tem 303 kilometros de extensão, por uma largura de 2 metros, gastei 133 dias de trabalho: 30 dias com 10 homens, de Manaós até o lago do Jatuarana e 103 dias com 18 homens divididos em duas turmas, das quais a primeira turma composta de 9 homens, seguiu do Jatuarana no rumo do Rio Urubu. E a segunda também composta de 9 homens, desse Rio até Itacoatiara (ABREU, 2009).

Sendo assim, a trilha estava pronta para receber a terraplanagem. Mas somente no final de 1953, por questões socioeconômicas causadas pela grande enchente da época, retomou-se a necessidade de acesso por via terrestre. Sobre a AM-1: A pioneira, Silva (2015) relata que o “fenômeno da grande enchente do Rio Amazonas e seus afluentes ressuscitou o debate em torno do problema de fixação dos nossos hinterlandinos em terra firme”. A via terrestre

possibilitaria tanto o escoamento da produção como o surgimento de outras atividades econômicas. A ideia era de que os ribeirinhos deixassem a vida de “sofrimento” nas áreas alagadiças e passassem a habitar às margens das rodovias.

Segundo os relatos de Silva (1965, p.125), até o ano de 1955 não existia no Estado do Amazonas, uma única rodovia que ligasse uma comunidade a outra. A AM-1 (Rodovia Manaus-Itacoatiara) foi considerada um empreendimento pioneiro.

Por conseguinte, a construção da rodovia teve início, ou as obras foram retomadas, no primeiro governo de Plínio Ramos Coelho (1955–1959), perpassando pelo governo de Gilberto Mestrinho (1959–1963) e pelo segundo mandato do governador Plínio Coelho (1963–1964). Durante a troca de governo a obra ficava parcialmente interrompida.

Segundo Durango *et. al.* (2017), em sua (série 1960), escreveu sobre os primeiros imigrantes que colonizaram às margens da rodovia, estes chegaram em 10 de novembro de 1958. Esses imigrantes eram japoneses (17 famílias, com 107 pessoas), que fundaram a Cooperativa Agrícola Mista Ephigênio Salles, a partir do km 37 até o km 54. A senhora Tereza Matsuco Sato Coba (2012) relatou em entrevista não-diretiva “que chegou à colônia japonesa em 1958, juntamente com 17 famílias, instalaram-se no quilômetro 41, mas ainda não havia estrada, apenas um ramal de terra” (informação verbal). Como agricultores natos, logo se dedicaram a cultura da pimenta-do-reino e de produtos hortifrutis, e somente anos depois às atividades granjeiras. Portanto, tinham produção e precisavam de melhoria na rodovia para transportar os produtos.

Sendo as obras da rodovia retomadas, em ritmo célere, em meados de 1964, pelo governador Artur César Ferreira Reis, finalmente efetivou-se a ligação entre Manaus e Itacoatiara. Para ser asfaltada, no governo do professor Enoque da Silva Reis (1975-1979), teve modificações e, após a retirada de muitas curvas, ficou reduzida a 250 quilômetros. A sua extensão média é de 286 quilômetros. (SILVA *et. al.*, 1965).

Foi inicialmente projetada como Estrada AM-1, depois passou a chamar-se AM-010, quando inaugurada em 5 de setembro de 1965, foi batizada de Rodovia Torquato Tapajós, em homenagem ao seu primeiro idealizador.

A BR-174, planejada originalmente para facilitar a ligação da Fronteira Brasil-Venezuela com o restante do Brasil, também conhecida no Amazonas, por Manaus-Boa Vista, é uma rodovia longitudinal que interliga os estados brasileiros de Mato Grosso, Rondônia, Amazonas e Roraima à Venezuela. É a única ligação de Roraima com o resto do país. Estavam previstos 3.319,90 quilômetros, contudo, até hoje vários trechos da rodovia sequer

existem e os que chegaram a ser abertos estão sem pavimentação. Considerando apenas os trechos existentes oficialmente, a rodovia possui 1.902 quilômetros.

Foi iniciada no governo militar, mas a conclusão de sua pavimentação e sinalização no trecho norte aconteceu somente em 1998, no governo de Fernando Henrique Cardoso.

A abertura dessas rodovias assegurou o surgimento de ramais, estradas rurais ou vicinais, sem planejamento causando impactos ao ambiente, principalmente aos cursos d'água. O ramal da Água Preta/Areal foi construído nas laterais dos terrenos, sem poder desviar das áreas difíceis, das encostas instáveis e sem garantir um sistema melhor de vazão aos cursos d'água, evitando torná-los assoreados e/ou em formas de barragens. O traçado de uma estrada ou ramal deve ser construído o mais próximo possível dos divisores de água, onde a drenagem é mínima. A abertura dessas estradas vicinais ou ramais causam impactos ao ambiente quando não há estudos prévios.

A ocupação humana nos ramais de terra e vicinais secundárias tornou-se mais intensa devido à facilidade de acesso pelas duas rodovias AM-010 e BR-174. Para Thomas (1984), o adjetivo vicinal classifica a função da estrada, pois liga localidades próximas. As vicinais são a menor categoria do sistema rodoviário. Porém, Nunes (2003, p. 4) define as estradas vicinais como estradas de terra, estradas rurais, agrovias ou estradas municipais, que possuem importância socioeconômica para as comunidades rurais.

Os ramais e as vicinais proporcionam facilidade de acesso às comunidades situadas distantes das rodovias, permitindo a formação de sítios, pequenos loteamentos e a extração de mineração de areia. O Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2010, p. 128), cadastrou mais de 150 areais na área compreendida entre Manaus, Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva, cuja reserva está estimada em cerca de 80 milhões de m², e o acesso para exploração desse mineral é feito através de ramais.

Os ramais não pavimentados são na maioria das vezes a única conexão entre a via principal e a unidade familiar, apesar da construção de estradas ou ramais de terra causarem grandes impactos ao ambiente.

Os impactos de uma estrada tendem a se propagar no ecossistema. O movimento traz para os locais, pessoas que exploram a terra, caçam animais selvagens e derrubam árvores, podendo destruir o habitat, dizimar espécies e afetar serviços ambientais importantes como a previsão de água limpa (CANON, 2018, tradução nossa).

Ainda nas afirmações de Panazzolo (2012) as obras rodoviárias também causam impactos sobre o meio ambiente, entre eles, desmatamentos, perda da diversidade biológica, alteração do sistema natural de drenagem e a degradação do solo.

Sendo a chuva o fator que mais colabora para os processos erosivos, do solo desnudo formando sulcos, ravinas e voçoroca e impactando os cursos d'água com esses sedimentos. Bertoni e Neto *et. al.* (1990) definem erosão como o processo de desprendimento e arraste acelerado de partículas do solo, causada pela água, vento e atividade humana, ocorrendo com maior frequência nas camadas superficiais do solo. Nesse sentido, é necessário implantar ao longo das estradas rurais, um dissipador de energia para diminuir a velocidade da água das chuvas e minimizar os impactos.

Ainda os mesmos autores, Bertoni e Neto (op. cit.), definem solo como um recurso básico que suporta toda a cobertura vegetal, sem a qual os seres vivos não poderiam existir. Eles também consideram o ravinamento, como uma forma espetacular da erosão, provocada por elevadas concentrações de escorrência que passa, ano após ano, no mesmo sulco.

Parte dessas mudanças ocorridas no ambiente acontece pelas intervenções antrópicas de forma desordenada, gerando consequências potencialmente prejudiciais ao ecossistema, como o desmatamento, degradação do solo pela retirada de areia para a construção civil e, principalmente, as alterações nos igarapés. Sendo assim, Tricart (1977, p. 68) define que “a degradação deve ser examinada, simultaneamente, sob os diversos aspectos que se condicionam uns aos outros: cobertura vegetal, solos, processos morfogênicos, condições hídricas”.

Para Ross (2014) as variações topográficas e morfológicas possibilitam o deslocamento de matéria sólida das partes mais altas para as partes mais baixas através das águas das chuvas, tornando um processo contínuo de desgaste. Esse processo faz com que os sedimentos cheguem diretamente aos cursos d'água.

Em função disso, a exposição do solo pela retirada da cobertura vegetal, a impermeabilidade, o comprimento das encostas, a grande quantidade e intensidade das chuvas na região favorecem o processo erosivo e o transporte dos materiais drenados diretamente para as margens e leito dos cursos d'água, causando assoreamento. “O assoreamento é o acúmulo excessivo de sedimentos, lixo e outros detritos carregados até o leito dos cursos d'água pela ação antrópica, da chuva ou do vento” (RIBEIRO, 2020).

Para Christofolletti (1981) o assoreamento provoca o aterramento gradual dos mananciais, com a redução da capacidade de fornecer água para seus diversos usos e aumentando a turbidez dessa água, ocasionando a diminuição da penetração da luz solar.

Nos trechos onde o ramal da Água Preta/Areal cruza os igarapés é necessário ter bueiros (passadores) para transferir a água livremente para o outro lado do ramal, a fim de evitar a formação de lagos represados à montante. Para Santos (2017, p. 26) “os bueiros são estruturas que possibilitam o trânsito livre dos cursos d’água na área de rodovias, sendo composto por bocas (soleira, muro de testa e alas), responsáveis pela admissão e lançamento, a montante e jusante”. Sendo os bueiros a melhor forma de evitar a degradação dos cursos d’água.

Levando em consideração o termo degradação ambiental como sendo toda a alteração perceptível do meio que compromete o equilíbrio dos sistemas naturais, podendo ser associado às ações humanas e aos processos de dinâmica natural, na área de pesquisa a degradação afetou o equilíbrio ambiental, modificou a cobertura vegetal e causou a migração da fauna. Para Carvalho (2017, p.21), “degradação ambiental refere-se a qualquer estado de alteração de um ambiente e a qualquer tipo de ambiente”. Algumas atividades provocam forte impacto por causar grandes devastações, descaracterização e até destruição, como a mineração, voçorocas e esgotamento de recursos de água doce, extremamente importante para a vida na terra.

3.1 A RODOVIARIZAÇÃO NO TERRITÓRIO BRASILEIRO

O processo de rodoviarização do Brasil ocorreu a partir de 1927, quando foi criado o Fundo Especial para a Construção e Conservação de Estradas de Rodagem, mantido por um imposto sobre os combustíveis e veículos importados. Em 1937 foi criado o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), sua competência era coordenar e gerenciar todo o sistema rodoviário brasileiro. O DNER foi extinto pela Lei 10.233, de 5 de junho de 2001, que criou o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) para tomar frente na reestruturação do sistema de modais de transportes em todo o território nacional.

A rodoviarização foi intensificada a partir de 1960, época em que a malha ferroviária foi negligenciada para ser implantado o sistema rodoviário nas regiões brasileiras. O pensamento geopolítico e estratégico do período do regime militar brasileiro era que as rodovias integradas permitiriam a direta e eficiente comunicação de qualquer ponto do território, incluindo a Região Norte, considerada a mais isolada em termos rodoviários.

Segundo Gomes e Vergolino *et al.* (1997, p.5), o crescimento econômico da Região Norte aumentou quase doze vezes o seu tamanho no período de 1960 a 1995, impulsionada pela instalação de novas rodovias e ferrovias, fábricas, exploração de recursos minerais e

madeireiros, ampliação portuária, construção de hidrelétricas, abertura da fronteira agrícola e pecuária e ampliação do movimento migratório à região, induzidas pela construção das estradas. No entanto, muitas foram construídas e não pavimentadas.

De acordo com o DNIT (2013), na Rede Rodoviária Nacional, aproximadamente 80% são vias não pavimentadas. Dessas vias não pavimentadas, cerca de menos de 1% são de responsabilidade do governo federal, 8,2% dos governos estaduais e aproximadamente 91% são administradas pelos municípios. As vias não pavimentadas concentram o maior percentual das administrações municipais, por ter escassez de recursos para esse tipo de investimento.

Conforme o levantamento da Conferencia Natural dos Transportes (CNT), a malha rodoviária brasileira é o grande desafio que o país enfrenta em efetuar o modal rodoviário, tendo em vista que apenas 13,7% da extensão de suas rodovias são pavimentadas (IBGE, 2019, p. 325). Apesar de sua importância, as estradas não-pavimentadas são relegadas a segundo plano, mesmo sendo a malha viária de qualquer país e de importância vital para sua economia.

Para o DNIT (2005) as rodovias podem ser classificadas de acordo com quatro critérios básicos, quanto a: sua administração ou jurisdição (federais, estaduais, municipais e particulares); sua classificação funcional (arteriais, coletoras e locais); sua característica física (pavimentadas ou não pavimentadas e com pistas simples ou duplas); e ao seu padrão técnico.

Helene (2005) apud Alves (2009, p. 1) afirma que as “pesquisas mostram que cerca de 90% das rodovias do país, normalmente denominadas de rurais, ainda não são pavimentadas”. No estado do Amazonas, essas estradas rurais, também denominadas de ramais de terra ou vicinais, só recebem manutenção e investimento do governo quando existe produção agrícola satisfatória para escoamento. É a forma mais direta de garantir geração de renda e desenvolver os municípios.

Na Região Amazônica composta por grandes rios navegáveis, que são a sua espinha dorsal, a malha rodoviária é utilizada para integrar-se ao sistema hidroviário, objetivando complementar o processo de transporte regional. Como afirma Sant’anna (1998, p. 31):

Os estados da região têm desenvolvido, nos últimos anos, um extenso e intenso programa de rodovias vicinais, buscando conectar áreas de exploração agropecuária com as rodovias arteriais, para que seja garantido aos agricultores o acesso aos mercados em função dos quais se desenvolve sua atividade produtiva.

Em uma região com a presença dominante do transporte fluvial, por meio de convênio com o DNER, o estado do Amazonas trabalhou na pavimentação da BR-174, no trecho de

Manaus até a divisa com Roraima, com extensão aproximada de 250 km. A BR-319, que liga Manaus a Humaitá e Porto Velho, devido a própria técnica usada na construção, encontra-se em situação precária, necessitando de redefinições de seu traçado.

O Estado do Amazonas mantém cerca de 600 km de estradas estaduais, sendo as principais: Rodovia Manuel Urbano (AM-070), que liga Manaus a Manacapuru (100 km); Rodovia Torquato Tapajós (AM-010), que liga Manaus a Itacoatiara (265 km); Estrada de Balbina (AM-240), que liga a sede de do município de Presidente Figueiredo ao distrito de Balbina (72 km); Estrada de Novo Airão (AM-352) interliga os municípios de Manacapuru e Novo Airão (103 km); Rodovia AM-254 (100 km) começa com o entroncamento da BR-319, faz a ligação Manaus-Autazes e Nova Olinda do Norte; Estrada de Itapiranga (AM-363), conhecida também como “Estrada da Várzea” liga Manaus e Itapiranga, via AM-010; e a Rodovia AM-330, que interliga ao Itapiranga ao município de Silves.

No Estado do Amazonas as rodovias federais são: BR-174 (Cáceres - Vilhena - Canumã - Manaus - Caracará - Boa Vista - Fronteira com a Venezuela); BR-210 (Macapá - Caracará - Içana - Fronteira com a Colômbia); BR-230, Transamazônica (Cabelo - João Pessoa - Campina Grande - Patos - Cajazeiras - Lavras da Mangabeira - Picos - Floriano - Pastos Bons - Balsas - Carolina - Estreito - Marabá - Altamira - Itaituba - Jacareacanga - Humaitá - Lábrea - Benjamin Constant); BR -307 (Marechal Taumaturgo - Porto Valter - Cruzeiro do Sul - Benjamin Constant - Içana - Fronteira com a Venezuela); BR-317 (Lábrea - Boca do Acre - Rio Branco - Xapuri - Brasiléia - Assis Brasil); BR-319 (Manaus - Careiro - Humaitá - Porto Velho).

Tanto as estradas estaduais quanto as rodovias federais, nos limites geográficos do Amazonas, possuem estradas locais, ramais, as vicinais, destinadas a ligar sítios, fazendas e pequenas propriedades as áreas urbanas.

3.2 BREVE HISTÓRICO DA OCUPAÇÃO DA AMAZÔNIA A PARTIR DA DÉCADA DE 50

Pode-se considerar que, inicialmente, o povoamento do vale amazônico começou às margens dos grandes rios. Para Ab’Saber (2003), desde que as rotas terrestres franquearam a região, atingindo-a pelos interflúvios, a partir do planalto central brasileiro, a paisagem florestada foi alterada. Surgem as rodovias e com elas o ciclo de modificação florestal e do relevo do domínio amazônico, pois o transporte terrestre facilitou retirar uma quantidade maior e rápida dos recursos. O governo, em determinado momento, considerando o processo

de colonização vagaroso, estimulou a implantação e expansão de empresas agropecuárias e de exploração mineral.

É importante reconhecer que a ocupação da Amazônia está ligada a programas de extração mineral (ferro, ouro, manganês, cassiterita), projetos hidrelétricos e exploração madeireira. Estas características definem a responsabilidade sobre os grandes impactos causados ao ambiente.

Os grandes projetos agropecuários substituíram florestas por pastos plantados. Algumas atividades extrativas não-sustentáveis intensificaram-se, a partir da década de 50, para exportação, como por exemplo o óleo essencial de pau rosa (*Aniba rosaeodora Ducke*), principal componente do perfume Chanel nº 5. Estimativas indicam que 500 mil árvores dessa espécie foram abatidas desde o início da exploração do pau rosa, o que levou o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) a incluí-la na lista de espécies em extinção, em abril de 1992 (ERENO-Revista de Pesquisa Fapesp, 2005). Nos dias atuais são utilizados galhos e folhas preservando a árvore.

Na década de 50 teve início uma série de programas e propostas de planejamento estratégico para a Amazônia. Foi criada a Superintendência de Valorização da Amazônia-SPEVEA, pela Lei de nº 1.806, de 6 de janeiro de 1953. Essa lei tinha por objetivo explorar madeiras, fomentar a pesca, aproveitar a floresta e recursos minerais, implantar indústrias e interligar a Região Norte ao resto do país.

O governo de Juscelino Kubitschek destinou investimentos para o setor rodoviário, e entre as rodovias estão a Transamazônica e Rodovia Manaus-Boa Vista, que intensificaram a penetração à Amazônia. Foi uma fase de graves impactos ao ecossistema amazônico, uma leva de imigrantes chegando à região e a procura pela posse de terra, abre confronto com os moradores locais. O lema de Castelo Branco (1966) era “integrar para não entregar”. A Amazônia precisava ser povoada, ser “protegida”.

De acordo com Ab’Saber (1953) em 1940 a população de Manaus era de 108.000 habitantes e em 1950 de 110.678, enquanto a população de Belém sofrera pequeno decréscimo. Sendo as cidades mais povoadas da região, na época, pois de acordo com Nogueira (2007), até o ano 2000, o número de habitantes da Amazônia aumentou de forma excessiva e intensa.

Em Manaus, o fator de atração para imigrantes foi a criação da Zona Franca de Manaus, em 1967, como novo ciclo econômico, após o declínio extrativo da borracha. A cidade Manaus passa por três fatores de importância na sua história: econômico, social e urbano. O primeiro, com a criação do Forte de São José da Barra do Rio Negro; o segundo,

com o ciclo áureo da borracha (1890 – 1920) e o terceiro, com a Zona Franca de Manaus (ZFM) implantada em 1967 (OLIVEIRA, 2003).

Com a criação da ZFM, Manaus passa a atrair pessoas do interior do estado do Amazonas e de outras regiões do país. Entre eles os nordestinos, em busca de trabalho e melhores condições de vida.

Nesse sentido, segundo Alves e Molinari (2012), Manaus é um exemplo dessa expansão demográfica em grande escala que culminou com um contingente muito grande de imigrantes.

A configuração urbana manauara apresentou nas últimas quatro décadas um crescimento espacial e populacional significativo devido à criação da Zona Franca em meados da década de 1960/70. Este crescimento ocasionou diversas transformações no espaço físico [...] a ocupação de áreas legalmente protegidas como as bordas de igarapés (APP) e de barrancos com inclinação acima de 45°, além dos desmatamentos em todas as zonas da cidade (ALVES e MOLINARI, p. 3).

Ocorreu o crescimento da população não só na área urbana de Manaus, mas em outras áreas da Amazônia, em um espaço de tempo relativamente curto.

Se havia o objetivo do governo militar de aumentar a densidade populacional em nome da segurança nacional, isto, de certa forma foi conseguido, pois a população da Amazônia brasileira passou de pouco mais de quatro milhões em 1970 para quase vinte milhões em 2000 (NOGUEIRA, 2007, p. 26).

As rodovias e ramais vicinais contribuíram para a locação dessa população migrante. Como exposto anteriormente, na década de 50 foi implantada a Rodovia Estadual AM-010, e na década de 1970, o Exército Brasileiro, através do 6º Batalhão de Engenharia e Construção, e o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) iniciaram a construção da BR-174, sendo o trecho até Pacaraima (RR) inaugurado em 23 de novembro de 1998.

Onde o relevo não favoreceu a ação dos equipamentos mecânicos, implementam a construção de pontes, o aterro ou transposição de igarapés, que formam barragens, reduzindo os custos e conservação. A falta de planejamento para a construção das rodovias e a falta de compromisso das autoridades competentes resultou em alterações no solo e na vegetação.

Com a construção da BR-174 o estado do Amazonas incentivou a criação de projetos de assentamentos rurais, que contribuíram para a atração de um fluxo migratório, formado por pequenos agricultores que ocuparam as margens da BR-174 e a estrada de Balbina (AM-240) (OLIVEIRA, 2000).

As rodovias estimularam o processo de colonização em suas margens, possibilitando efetivar a ocupação e integração do território mais central em relação à floresta, realizada através do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e empresas particulares.

Conforme Becker (2001, p. 152-3) as estradas são um modelo prejudicial ao ambiente, pois ao abrirem a floresta permitem “o avanço das madeiras, pequenos e grandes produtores, causando um desmatamento de até 50 km a cada lado da rodovia”. Essas madeiras, e no caso do ramal da Água Preta/Areal, os extratores de minerais constroem estradas de terra e, para as pessoas que vão morar nessas estradas, favorece o acesso à saúde, educação, centros urbanos, transporte de mercadorias, produtos agrícolas, entre outros serviços.

No final da década de 60, a Região Norte vivenciou grandes danos ambientais com os projetos agropecuários e a exploração mineral. Na fala do morador J.M.S. (A-1), em 1973 começou a ser construído o ramal da Água Preta, pela AM-010, sendo finalizado somente na década de 80, ligando-se a BR-174 (ramal Areal). Começaram a partir daí os impactos ambientais como a retirada da vegetação, assoreamento dos cursos d’água e a chegada de novos moradores. É importante salientar que a ocupação do ramal foi legalizada pelo INCRA, que na época autorizava a posse da terra. Vários lotes foram distribuídos, não considerando as fragilidades do solo e do ambiente.

3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A OCUPAÇÃO DA TERRA NO AMAZONAS

A partir da década de 1960, o Amazonas foi caracterizado por variáveis específicas de ocupação, entre elas a distribuição de propriedades rurais. Nesse contexto, a abertura do ramal da Água Preta/Areal na década de 70 favoreceu a ocupação, através da posse de terra, resultando como um dos fatores para a degradação ambiental. O INCRA legalmente permitia a posse da terra a pessoas físicas e jurídicas, as quais podiam requerer a terra e fazer suas benfeitorias e ter “bens de raiz”, e o desmatamento na época era considerado “benfeitoria”.

Desmatar assegurava o título da terra, mas desmatar e queimar acaba com a fertilidade do solo. A Floresta Amazônica é um sistema muito sensível devido as espécies crescerem “apenas sobre o solo, e não do solo utilizando deste para a sua fixação mecânica e não como fonte de nutriente” (SIOLI, 1985, p.60). O ecossistema florestal se auto sustenta (ciclagem

interna) através de matérias secas (folhas, galhos, troncos, cascas), fezes dos animais e de animais mortos, que são decompostos pelos próprios microrganismos da floresta.

Essa intensa alteração na cobertura do solo, através da prática rotineira das queimadas e de uso de máquinas para o desmatamento, além de causar a perda de nutrientes e matéria orgânica, reduz o volume de macroporos, torna o solo sujeito à erosão, altera o ciclo do carbono, diminui a taxa de infiltração de água no solo, causa assoreamento e desertificação e diminui a disponibilidade de alimentos para a fauna.

Uso e ocupação do solo é a conversão de áreas florestais em atividades agropecuárias, para recreação e lazer, uso urbano, mineração, entre outras. O uso do solo é o conjunto das atividades e processos individuais de produção e reprodução. Até a década de 70, não havia estudo específico sobre uso e ocupação do solo, somente interpretações tecnológicas sobre a cobertura do solo.

Segundo Rosa (2007, p. 163):

O estudo da terra e ocupação do solo consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem, ou quando não utilizado pelo homem, a caracterização dos tipos de categorias de vegetação natural que reveste-os como suas respectivas localizações.

No Amazonas os principais uso e ocupação do solo são agricultura de subsistência, extrativismo vegetal, exploração madeireira, mineração exploração de petróleo e gás natural, garimpo, áreas urbanas, polos industriais, áreas de conservação e terras indígenas, e recentemente, na região sul do Amazonas, a inserção da agricultura capitalizada (principalmente o cultivo da soja).

3.4 O INÍCIO DA OCUPAÇÃO – 1969: RAMAL DA ÁGUA PRETA/AREAL

Os primeiros moradores, nas décadas de 70 e 80, se tornavam pequenos proprietários rurais e com suas famílias se dedicaram às atividades agrícolas de subsistência. Os pequenos produtores (pequenos proprietários ou posseiros) foram atraídos pela possibilidade da posse da terra, pelos programas de assentamento e de colonização do governo. Faziam intervenção na paisagem através de técnicas tradicionais de agricultura de corte e queima, para limpar a terra para o plantio, finalizando com a coivara.

Na explicação do morador J. M.S. (A-1) a coivara é feita após a queima do roçado. Fazem-se montes menores de madeiras e galhos e o que restou queima-se novamente, como pequenas fogueiras. Assim era feita a limpeza dos terrenos no ramal Água Preta/Areal.

Além da agricultura de subsistência, os moradores criavam galinhas caipiras para o consumo; cultivavam: arroz, macaxeira, mandioca (para produzir farinha e goma), abacaxi, cana-de-açúcar (vendia a cana *in natura* para as garapeiras de Manaus, caldo de cana e mel de cana), tabaco (fumo), feijão de praia para o consumo e frutas regionais: bananas, pupunhas, cupuaçu, biribá, entre outros. Segundo relato do morador J.M.S.(A 1), o seu pai plantava cana, mandioca, tabaco, macaxeira, banana e outras frutas regionais.

Sendo a agricultura a principal fonte de sustento, baseada no trabalho familiar, na época da colheita do arroz e do corte da cana-de-açúcar, era utilizada a mão-de-obra dos vizinhos, que recebiam pagamento por diária. Todo o excedente era vendido na cidade de Manaus ou mesmo à margem da rodovia AM-010.

Todos utilizavam em suas plantações técnicas e conhecimentos trazidos de suas origens, principalmente nordestinos, que associavam ao conhecimento dos amazonenses.

Durante a década de 80, chegaram ao ramal da Água Preta/Areal pessoas oriundas dos municípios de Coari e Carauari e também do Estado do Pará. O relato de uma moradora (A 2) que reside há 39 anos na área:

Vim de Carauari para Manaus para tratamento. Me hospedei em casa de parente no bairro da Alvorada, onde fiquei sabendo que o INCRA estava liberando terreno no ramal da Água Preta. Cheguei ao ramal em 1981, juntamente com outros parentes, e em seguida recomeçou a construção do ramal do Areal, ligando a AM-010 a BR-174. Uns ajudava com a comida, outros com dinheiro e outros com o trabalho (mão de obra). Mas, nós sempre saía pela AM-010. Agora que eu ando mais pela BR-174. Apesar das dificuldades do ramal, naquele tempo era melhor, tinha muita gente, todo mundo se conhecia. O ramal era como se fosse nosso, depois foram todos embora, em busca de melhores condições de vida. Hoje, não, aparece tanta gente estranha, que a gente nem conhece. D.G.S. (A 2).

Na década de 90 do século passado, os antigos moradores abandoaram suas terras ou venderam-nas, sobretudo para os exploradores dos areais. Ocorreu o processo de transferência de mão de obra da zona rural para a zona urbana. Surgem novos moradores, ocupando as áreas abandonadas. Os loteamentos nessas áreas rurais ainda são clandestinos ou irregulares, pois não foram submetidos ao processo de aprovação do INCRA.

A representatividade espacial do manto arenoso favoreceu a extração de areia de forma clandestina no ramal e nas suas vicinais (Figura 12).

Figura 12 - Vista parcial do ramal Água Preta/Areal, e suas formas de uso e ocupação do solo.



A extração de areia para a construção civil causa degradação ao ambiente, desde a retirada da vegetação à extração da areia. Com o solo desnudo, sedimentos são transportados para as margens dos cursos d'água, causando o assoreamento. Algumas alterações são causadas ao meio ambiente pela mineração de materiais para a construção civil na região de Manaus, “essas alterações são modificações na paisagem ou impacto visual, modificação da estrutura física do solo e biológica sobre a fauna e flora” (CARDOSO, 2008, p.65).

Existem várias famílias morando às margens do ramal e também em pequenas vicinais secundárias, mas utilizam o ramal como via principal. A ocupação da área ainda é rarefeita, ou seja, com baixa densificação. Além do plantio de frutíferas, cultivo de hortaliças, plantação de mandioca e macaxeira e criação de galinhas e porcos, algumas ocupações geram renda através do comércio varejista, bar à margem do igarapé, aluguel de sítio para eventos, banho de cachoeira e passeio em trilhas pela floresta.

Os diversos tipos de ocupação do solo em zonas rurais promovem um significativo desmatamento e, como consequência, o assoreamento dos igarapés, alterando a função socioambiental.

É no espaço rural onde mais se manifestam as diversidades regionais, onde há a ocupação humana tradicional, a preservação da biodiversidade nativa, dos cursos d'água e dos mananciais hídricos, favorecendo a manutenção da qualidade e a disponibilidade da água (SANTORO, 2004, p.7).

Atualmente, alguns membros das novas famílias que ocupam a área do ramal trabalham nas fábricas do Distrito Norte (Indústria de Pneus Neotec, Novamed e 3M Manaus), localizadas nos quilômetros 22 e 23 da AM-010. A maioria da população da zona rural têm seu emprego na área urbana de Manaus, e contam com serviços de transporte coletivo, escolas, postos de saúde, hospitais, comércio e lazer.

É importante salientar que no ramal há duas pocilgas sem tratamento e/ou armazenamento de dejetos, os quais são jogados no igarapé do Leão, comprometendo a qualidade da água e risco de contaminação do lençol freático. Uma delas compromete a qualidade da água e balneabilidade da Cachoeira da Água Preta (Figura 13-J).

Moro aqui faz 30 anos, o INCRA me cedeu esse terreno da cachoeira. Quando eu cheguei era mais difícil, as pontes eram malfeitas, de pau roliço. Hoje, tudo está melhor. Mas, a água contaminada com os dejetos dos porcos atrapalhou a minha atividade econômica, e minha fonte de renda. O que às pessoas consomem, comida, bebidas, durante o banho de cachoeira. Ainda bem, que o fiscal do meio ambiente foi lá. Com esse dinheiro eu compro os utensílios: enxada, machado e terçado, para trabalhar na roça, plantar. A.M.F, (A 3).

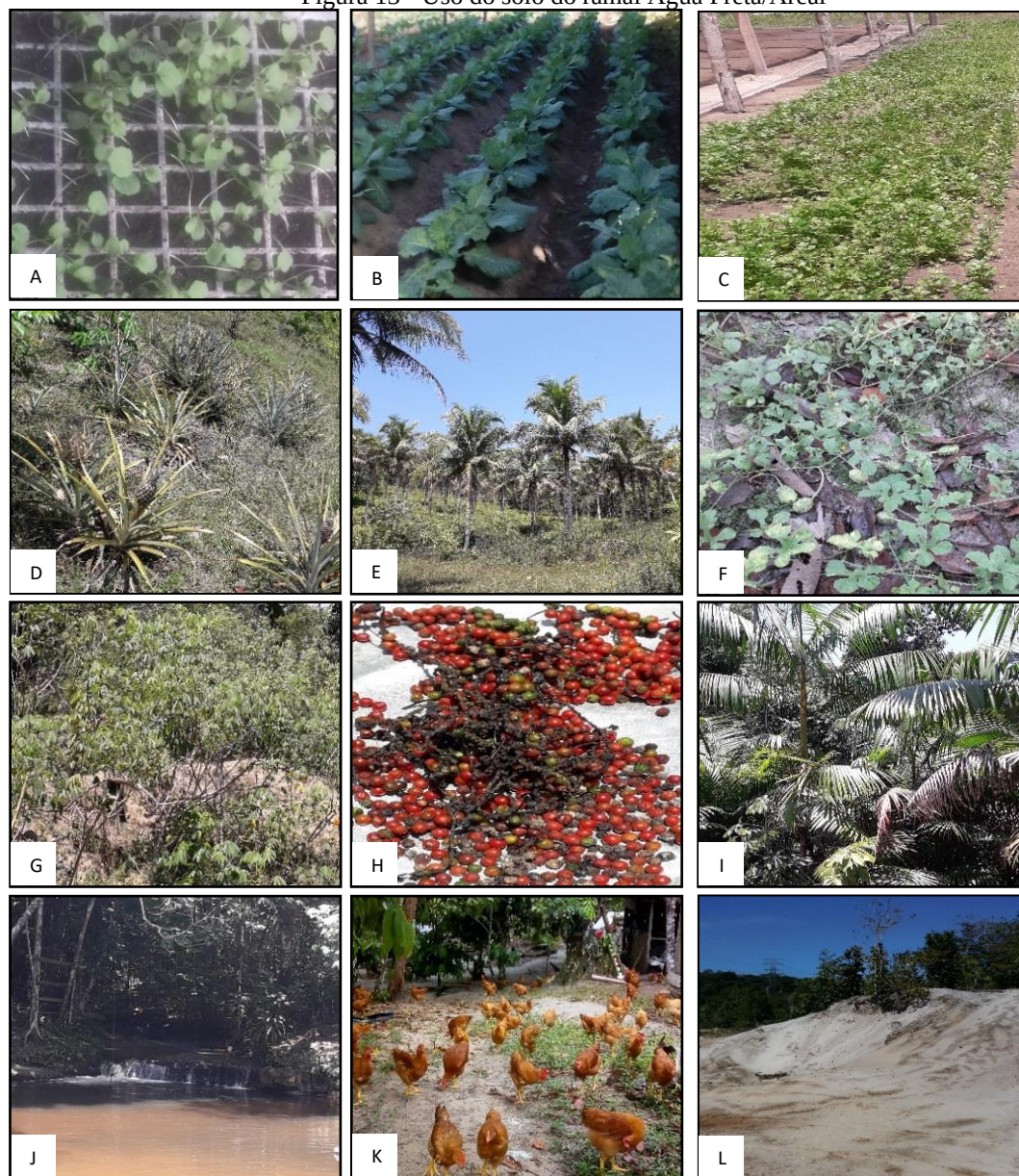
Nas áreas rurais o uso da água, a extração vegetal, a exploração mineral e os usos não agrícolas (turismo, chácaras de veraneio, moradias permanentes), entre outros, devem ser baseados na garantia do ambiente sadio e ecologicamente equilibrado para as presentes e futuras gerações.

As práticas de controle dos processos erosivos, com uso de terraceamento, foram observadas somente em um sítio. É importante a manutenção da cobertura vegetal, atentando para a qualidade do ar e da geomorfologia do terreno, pois são sistemas interligados. O mau uso de um interfere no outro.

A extração de areia e arenito, este último em pedreiras, e o manejo inadequado do solo, têm influenciado e intensificado o assoreamento dos igarapés, um bem público importante. As áreas de extração são abandonadas após a retirada intensiva de areia, dando lugar para a vegetação secundária (capoeira).

Portanto, com relação ao uso do solo rural, notou-se que às margens do ramal predomina a lavra de areia, atividades associadas ao lazer/turismo e agricultura de subsistência (Figura 13).

Figura 13 - Uso do solo do ramal Água Preta/Areal



A: Cultivo de couve (*Brassica oleracea*). As mudas ao atingirem 10 cm são transplantadas para a plasticultura; B: Couves transplantadas para o solo, com a cobertura de plasticultura. A colheita inicia 50 dias depois; C: Plantação de coentro (*Coriandrum sativum*) em cobertura de plasticultura. Tempo de colheita: 30 a 70 dias. É vendido aos moradores da área e restaurantes às margens da AM-010. Agricultura comercial; D: Plantação de abacaxi (*Ananas comosus*), ciclo de 14 e 15 meses, agricultura de subsistência; E: Plantação de coqueiros (*Cocos nucifera*); F: Plantação de maxixe (*Cucumis anguria*). A colheita se inicia com 45 a 60 dias após o transplantio para o solo, prolongando por mais 60 ou 70 dias de colheita. Agricultura de subsistência; G: Plantação de macaxeira (*Manihot esculenta*). A colheita se inicia com 8 à 14 meses, após o plantio. Agricultura de subsistência; H: Plantação de pimenta-do-reino (*Piper nigrum*); I: Plantação de açaí (*Euterpe oleracea*). Agricultura de subsistência. Também ocorre a coleta em áreas florestais no entorno do ramal e suas vicinais; J: Cachoeira da Água Preta, descoberta em 1976. Está situada em uma das vicinais do ramal. Antes, tinha uma corredeira muito forte e queda d'água com mais de 2 metros. Hoje, está assoreada, com menor volume de água, em razão das barragens construídas no seu alto curso. É conhecida como Cachoeira da Dona Ana (nova proprietária), sendo utilizada para turismo ecológico; K: Criação de galinhas Rhodia (produção de ovos e abate), para o restaurante da Dona Ana (criadora) e restaurantes da AM-010; L: Lavra ativa de areia, retirada por empresas da construção civil. Fonte: Levantamento de campo, 2019. Foto: Maria de Fátima da Silva.

3.5 ESTRADAS RURAIS E RAMAIS: ASPECTOS CONCEITUAIS

Estradas rurais, vicinais, ramais ou estradas de terra, pavimentadas ou não, resultam da evolução de caminhos ou trilhas precárias, construídos com características e técnicas simples, muitas vezes abertos pelas primeiras pessoas que se estabeleceram nessas áreas.

A grande maioria das estradas situadas nas zonas rurais foi aberta pelos colonizadores de forma inadequada orientada somente pela estrutura fundiária e pelas facilidades do terreno, Baesso e Gonçalves (2003, p. 3). Assim sendo, o traçado do ramal da Água Preta insere-se nesse parâmetro, pois foi elaborado sem um estudo prévio.

Os termos estrada de terra, estrada de chão, estrada rural ou ramal estão, em geral, associados a estradas desprovidas de revestimento asfáltico ou qualquer tipo de concreto e construídas sem planejamento adequado. Desta forma, a construção do ramal da Água Preta/Areal foi configurada em uma via simples e larga, para facilitar ultrapassagens. Todavia, hoje, a maioria dos trechos só permitem a passagem de um veículo.

Para Baesso e Gonçalves (2003, p. 4) “as estradas rurais, também conhecidas como estradas vicinais, podem ser definidas como o conjunto de pequenas vias que compõem o sistema capilar do transporte, sendo responsáveis pelo escoamento da produção agrícola”. No Brasil o maior percentual da sua rede viária é composto de estradas não-pavimentadas, representando o principal meio de escoamento dos produtos agrícolas, além de fornecer acesso à população rural aos serviços urbanos, como educação, saúde e lazer, compras de alimentos, etc.

Conforme Griebeler (2002) as estradas não pavimentadas predominam em relação às pavimentadas em todos os países em desenvolvimento, e são de grande importância, considerando que grande parte de suas economias são baseadas na produção e comercialização de produtos primários, transportados por esse tipo de estrada.

Os ramais de terra no Amazonas podem ser definidos como traçados no terreno ou caminhos que permitem as famílias habitarem às suas margens, porque garantem o deslocamento de pessoas e veículos e de obter água nos igarapés nas proximidades.

Temos o seguinte relato do morador J.M.S (A 1) que corrobora a discussão:

“Meu pai, foi o primeiro morador do que é hoje, o ramal da Água Preta. Chegou na AM-010, em 1962, para trabalhar como caseiro. Em 1969, utilizando um ramal feito para extração de madeira, na época, começou a explorar uma área para plantar cana-de-açúcar, mandioca, macaxeira e tabaco para o consumo, entre muitas fruteiras. Mas em 1971, o Incra demarcou os terrenos à margem da AM-010, e esse ramal ficou no meio de uma propriedade, cujo dono fechou a passagem. Na época já havia outros moradores e juntos começamos a abrir o ramal da Água Preta.”

Assim, teve início a construção do ramal da Água Preta/Areal como saída para os moradores que habitavam a área. Sendo primeiramente realizada uma limpeza, retirando a vegetação, partindo da AM-010. No dizer de J.M.S. (A 1):

O ramal começou com o desmatamento (um pique, “broca” retirando o mato, com a mão de obra dos moradores) por 5 km à dentro (ramal Água Preta), como saída para os moradores que estavam até aquela área. O resto era mata virgem. Em 1974, um morador com mais conhecimento, conseguiu as máquinas. Naquele tempo eram cedidas pelo DER-AM.

A terraplanagem efetuou os cortes e aterros, com o objetivo de materializar a infraestrutura do ramal ou estrada de terra. Da mesma forma ocorreu no ramal da Água Preta, os moradores, ao chegarem no lugar, precisavam ter uma estrada para se deslocar juntamente com os produtos que cultivavam.

Somente na década de 80 deram continuidade ao que é hoje, ramal do Areal, ligando a AM-010 à BR-174. Sendo o grande empecilho, os sete cursos d’água e a falta de bueiros adequados ou pontes.

Conforme o Manual de Conservação Rodoviária – DNIT (2005), as estradas de terra resultam da evolução de trilhas e caminhos precários, que se desenvolveram pelo uso de muitos anos, remanescentes de épocas pioneiras e primitivamente, construídos com características técnicas muito modestas. Essas estradas de terra são de responsabilidade dos órgãos públicos municipais, em sua maioria, para os serviços de manutenção. Todavia, no ramal da Água Preta/Areal, a manutenção é realizada quase sempre pelos próprios usuários. A (figura 14) mostra a manutenção feita em fevereiro de 2020, com material cedido pela Prefeitura de Manaus, mas finalizada com a mão-de-obra de alguns moradores.

Figura 14 - Manutenção nas declividades do ramal da Água Preta com base rejeito de asfalto.



Fonte: Levantamento de campo, 2020. Foto: Maria de Fátima da Silva.

Essa manutenção foi executada somente nas áreas com declividade do ramal da Água Preta, com máquina cedida pela Prefeitura de Manaus e duas carradas de rejeito de asfalto deixadas às margens do ramal. O morador L.H.O.S. (A 4), relatou que “foi passada a máquina e foram embora, não espalharam o rejeito. Eu e minha família espalhamos, tivemos que carregar no carrinho de mão e comprar os latões de piche para segurar melhor o rejeito do asfalto”. Ou seja, parte do ramal continua sem a devida manutenção.

Portanto, como explica Baesso e Gonçalves (2003, p. 3), a manutenção de estradas rurais construídas sem princípios básicos de engenharia, tem alto custo, é de difícil execução e onera o agente público responsável. A manutenção consiste em melhorias nas condições de tráfego, executar reparos onde for necessário, para não agravar os danos.

Como muitas estradas de terra ficam sem pavimentação por falta de recursos financeiros federais, estaduais e municipais disponíveis para obras, cabe aos usuários fazer a manutenção preventiva, para não dificultar a locomoção de moradores. Segundo Nunes (2003, p. 6), “os municípios, em geral, dispõem de escassos recursos técnicos e financeiros a serem empregados nos serviços de manutenção e recuperação das estradas de terra”. Nas áreas com declividades mais acentuadas são colocados rejeitos de asfalto e, muitas vezes, utilizam de imagens aéreas para informar ao órgão fiscalizador que foram asfaltadas.

3.6 IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS

Os impactos ambientais causados pelas rodovias ou estradas de terra, afetam o ambiente de forma positiva e negativa.

Segundo, o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) em sua Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

Sendo assim, a ação humana produz impactos que causam alterações significativas no ambiente. Estes impactos, além de afetar o próprio homem, também prejudicam a biota e o meio físico ao redor. A degradação da natureza gera sérios riscos ao bem-estar e sobrevivência dos seres animais e vegetais.

De acordo com Meneguzzo e Chaicouski (2010 apud Carvalho, 2017, p. 20), “o termo impacto ambiental apesar de ser amplamente empregado para referir-se aos aspectos negativos decorrentes de ação antrópica, pode possuir conotação positiva”.

Os impactos negativos no ramal da Água Preta/Areal tiveram início desde sua implantação, através do desmatamento, dos processos de terraplanagem com o revolvimento do solo, processo de alta ação impactante, que por consequência transportam os sedimentos soltos, através do escoamento superficial para os igarapés, provocando alteração nas características gerais da qualidade da água (pH, temperatura, etc.) e diminuição do fluxo.

Impacto ambiental, de acordo Wathern (1988, p. 7), é a “mudança em um parâmetro ambiental, num determinado período e numa determinada área, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação, ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada”.

Para analisar esses impactos ambientais é necessário saber o que é meio ambiente. Para a pesquisa, temos a definição do meio ambiente ou ambiente, como sendo o conjunto que cerca os seres vivos e os condiciona, formando um sistema cujas relações são parte do processo vital (DNER, 1996).

Os sinais que a natureza vem demonstrando, como perdas da biodiversidade, poluição do ar, chuvas e ventos muito fortes, escassez de água potável, são processos decorrentes das ações antrópicas sobre o ambiente.

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) são documentos técnicos, que têm o objetivo de realizar avaliação ampla e completa sobre os impactos ambientais e indicar medidas mitigadoras como solução.

O EIA/RIMA foi instituído no Brasil pela Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Lei 6.938/81. O RIMA é um relatório público, que mostra as atividades modificadoras do meio ambiente, que confere transparência ao EIA. A partir daí, será submetido à aprovação do órgão estadual competente para o licenciamento. Esses dois órgãos são exigidos na fase de licença prévia em atividades que possam causar significativos danos ambientais. Por sua vez, o CONAMA regulamenta os critérios básicos e as diretrizes gerais para a aplicação da AIA.

Em 1997, o CONAMA estabelece a Resolução nº 237, tratando do licenciamento ambiental de forma mais sistematizada. O art. 3º consagrou o EIA como espécie do gênero "Avaliação de Impactos Ambientais", exigível somente quando apresente-se o risco de significativa degradação, consoante o disposto no art. 225, § 1º, IV, da Constituição Federal de 1988.

Desta forma, os grandes projetos, como para a construção de uma rodovia, faz-se necessário ter aprovação e licenciamento desses órgãos. É de fundamental importância levar em consideração os impactos ambientais que serão causados pelas fases da obra e os pontos positivos e negativos.

Entre os pontos positivos da construção de estradas, podemos citar o aumento da produtividade agrícola, pois os agricultores poderão escoar a produção, incentivos a instalação de indústrias e fábricas nas redondezas, aumentando do número de empregos, tanto na construção das rodovias quanto nos empreendimentos que surgem às suas margens.

Outro ponto positivo é a melhoria da qualidade de vida de seus usuários e dos moradores, com a facilidade do deslocamento entre as cidades e melhoria nas condições de saúde e educação da população, promovendo acesso aos hospitais e escolas, facilita o transporte de pessoas e de carga, contribui para a realização de novos negócios e para a exportação de produtos. Aquece o comércio e o mercado imobiliário.

No entanto, todas as fases da construção implicam em danos ambientais. Entre os impactos negativos, estão a emissão de ruídos, poeira e gases, início de processos erosivos, carreamento de materiais sólidos e assoreamento dos cursos d'água, causando turbidez e alterando a qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Ainda a deposição de materiais de descarte, supressão de vegetação nativa, alteração nos habitats, alteração dos movimentos

migratórios de alguns animais em busca de novos abrigos mais seguros, sendo esse impacto relevante em áreas florestais e perda da biodiversidade.

O aumento da caça predatória, atropelamento de animais, alteração no cotidiano da população, disseminação de doenças, facilitação das atividades de madeireiras ilegais e ocorrência de desmatamento. Também o afluxo de garimpeiros ilegais, especulação de terras e ocupação irregular, aumento do comércio ilegal como o de carne de animais silvestres, extração ilegal de recursos naturais, entre outros.

A proteção ambiental não deverá impedir o desenvolvimento dos lugares, em especial de zonas rurais, mas precisa alcançar o desenvolvimento sustentável, buscando o equilíbrio entre os impactos negativos e positivos decorrentes da construção de ramais, estradas não pavimentadas ou pavimentadas. O importante é prevenir ou limitar os impactos ambientais negativos. A responsabilidade civil do empreendedor deve ser cumprida sobre os aspectos preventivos e mitigatórios, para evitar futuros danos ambientais.

A cada impacto ambiental negativo, medidas preventivas mitigadoras deverão ser realizadas, tais como: instalação de dispositivos de drenagem, construção de barragens, travessias aéreas e subterrâneas para animais silvestres (como corredor ecológico), instalação de quebra-molas, implantação de sinalização (placas), instalação de fossas sépticas, de bacias de contenção entre várias outras atividades.

3.6.1 Estudo de traçados de uma rodovia

O traçado de rodovias sempre causa impacto ambiental, e nesse caso, detectando no empreendimento de construção de estradas algum impacto, faz-se necessário aferir medidas preventivas e mitigatórias adequadas. O CONAMA, em sua Resolução 01/86, dispõe no art. 2:

Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA, a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e do IBAMA em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como:

I - Estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento.

Essas medidas mitigatórias devem ter caráter preventivo e os custos deverão ser arcados pelo empreendedor da obra. Assim, a cada impacto ambiental detectado na

construção de estradas, uma medida preventiva e mitigatória adequada deverá ser aferida. Dessa maneira, uma das fases mais importantes para a construção de uma estrada é a elaboração do projeto, levando em conta a parte sócio-econômica e ambiental.

Os parâmetros básicos a serem analisados para a fase de estudo para construção de uma rodovia são: geologia; relevo e topografia; características do solo; pluviosidade e cobertura vegetal.

De acordo com Bellia e Bidone (1996, p. 143 apud Simonetti 2010, p. 20), quatro aspectos da geologia devem ser levados em consideração no estudo de impactos ambientais: a litologia predominante, a estabilidade de maciços, o grau de alteração das rochas e os afloramentos. Através dos três primeiros é possível identificar tendências geotécnicas com relação a possíveis impactos ambientais, tais como: escorregamentos, deslizamentos, queda de blocos, erosões, etc. E os afloramentos indicam ou não a presença de solos residuais.

Os citados autores recomendam que dentro das características do relevo e da topografia, dois aspectos básicos deverão ser analisados: a unidade predominante do relevo e a declividade média do terreno. Tais aspectos auxiliam na identificação de impactos ambientais potenciais e a área crítica de sua atuação. No caso do Amazonas, nas depressões predominam a erosão e assoreamento.

Sobre as características do solo recomenda-se os estudos da suscetibilidade à erosão, o estado de conservação, a estabilidade de maciços e solos hidromórficos (com excesso de umidade). É importante verificar se o solo é argiloso e/ou arenoso, com característica mole em relação a recalque por peso (cargas pesadas).

Quanto à pluviosidade, os autores recomendam adotar como parâmetro para definir o potencial de ação das águas, a precipitação em 24 horas e um tempo de recorrência pelos 50 anos. Assim, pode-se prever e evitar deslizamentos e escorregamentos.

Por outro lado, os mesmos autores ressaltam a importância das matas de galeria ou ciliares como elemento de proteção da drenagem local. A cobertura vegetal deve ser corretamente identificada, por ser fundamental para a proteção do solo.

Assim sendo, o estudo e análise do traçado das rodovias e suas vicinais será realizado buscando identificar os possíveis impactos que a via poderá causar e gerar as adaptações devidas.

3.6.2 Fase da construção

Os aspectos básicos na fase de construção de obras rodoviárias são: instalações do canteiro de obra, desmatamento e limpeza do terreno, terraplanagem e aterros, drenagem.

- A instalação do canteiro de obras:

As condições para se instalar um canteiro de obra, são: disponibilidade de água potável; localização das instalações afastadas de áreas insalubres naturais, onde proliferem mosquitos e outros vetores; a rodovia, o seu entorno e, principalmente, os talvegues devem ser mantidos limpos e livres de entulho das obras (sobras de materiais, restos de vegetação, latas, tambores, etc.); as áreas para o canteiro devem ser limpas de solo vegetal. A limpeza do canteiro durante e após o término da obra é uma das exigências a ser cumprida (Bellia e Bidone, 1996, p.153; Simonetti, 2010, p. 22).

- O desmatamento e limpeza:

O desmatamento e a limpeza devem se limitar na área necessária da via, ser suficiente para permitir a insolação da rodovia e evitar que árvores caiam e afetem o tráfego dos veículos.

A retirada das árvores tornará livre a drenagem, aumentará a visibilidade e segurança ao trânsito e impedirá que a árvore inteira e/ou seus galhos atinjam a estrada.

Para reforçar a importância dessa remoção, o Manual Rodoviário do DNER (1996, p.16) diz que “o desmatamento deve ser amplo o suficiente, para garantir a insolação da obra e restrito ao mesmo tempo, às necessidades mínimas exigidas para as operações de construção e para a garantia da visibilidade dos motoristas (segurança do tráfego)”.

Por outro lado, esse desmatamento causa vários impactos ambientais, tais como: surgimento de ravinas profundas que afetam a estrada e as propriedades adjacentes, devido à erosão do solo e dos taludes; inundações nas estradas, propiciando o assoreamento e a sobrecarga nos sistemas de drenagem; escorregamentos e quedas de pedras e massas de solo (Manual Rodoviário do DNER, op. cit., p.17).

Daí a importância em desmatar somente o necessário e se possível fazer a recuperação das áreas desmatadas, ao término da obra.

- A terraplanagem e aterros:

A terraplanagem corresponde às operações de escavação, transporte e compactação do solo. Os cortes e aterros exigem a retirada de grande volume de solos, que passa por uma avaliação, pois nem todo o material serve como aterro. Com a finalidade de construir a via, as escavações de taludes devem levar em consideração a declividade, o transporte do material e a remoção rápida de lama.

- O sistema de drenagem:

A estrada tende a ser o escoadouro das águas pluviais recebidas das áreas adjacentes, por isso é essencial um bom sistema de drenagem.

O sistema de drenagem é um conjunto de dispositivos superficiais e/ou subterrâneos, que deve ser analisado junto com todas as outras etapas da construção, pois quando não é feito corretamente, causa sérios problemas na estrada.

Conforme o Manual Rodoviário do DNER (1996, p.27), os sistemas de drenagem deficientes são os maiores causadores de problemas para a conservação das rodovias, afetando as propriedades e gerando problemas sanitários para as populações a quem a estrada deveria servir. Dentre os problemas, podemos citar a erosão do solo, enfraquecimento da estrutura da rodovia, destruição de acostamentos e taludes. Baesso e Gonçalves (2003, p. 53) afirmam que devem ser levados em conta os fatores climáticos, topográficos e geológicos, tipos de solo, que variam de acordo com a região.

Alguns dispositivos utilizados para drenagem são os bueiros, sarjetas, saídas d'água, dreno profundo longitudinal e bacias de acumulação.

Com relação aos tipos de drenagem em rodovias, tem-se:

- a) Drenagem superficial, que intercepta e capta água para o deságue seguro. É composta por valetas de proteção de corte e aterro do canteiro central, sarjetas de corte e aterro, descidas e saídas d'água, caixas coletoras, dissipadores de energia, escalonamento de taludes, corta rios, drenagem de alívio de muros de arrimo e elementos geométricos para seções circulares de canais.
- b) Drenagem de transposição de talvegues (bueiros, pontilhões e pontes), que corresponde às águas originadas de uma bacia e que precisam atravessar sem comprometer a estrutura da estrada.
- c) Drenagem de proteção de pavimento da via que serve para preservar a estrada de infiltração de águas pluviais. Os principais dispositivos são: camada drenante das

águas infiltradas para fora da pista; drenos rasos longitudinais, de base e transversais, que recebem as águas drenadas e transportam para fora da via.

- d) Drenagem subterrânea ou profunda (drenos, colchão drenante e valetões laterais, que servem para interceptar fluxos das águas subterrâneas e rebaixar o lençol freático (DNIT, 2006).
- e) Drenagem de travessia urbana, composta por sarjetas, bocas de lobo, poços de visita e galerias pluviais (DNIT, 2006). Nos trechos rurais, geralmente, executa-se no sentido transversal ou oblíquo ao ramal, de modo a viabilizar a passagem deste sobre um curso d'água.

3.6.3 Fase da conservação e restauração

As atividades de conservação e restauração de uma estrada, de acordo com Bellia e Bidone (1993, p. 174 citado por Simonetti, 2010, p. 28) estão relacionadas aos controles das erosões e da vegetação e à manutenção da via, em particular, das obras de drenagem.

A recuperação visa restabelecer as características do projeto inicial da estrada, mediante trabalhos de conservação, executando reparos localizados, para evitar o agravamento de danos que podem afetar o revestimento da estrada.

A conservação abrange a execução de serviços periódicos para garantir uma boa trafegabilidade da estrada como o corte das árvores das margens da pista, limpeza dos dispositivos de drenagem.

As medidas de controle de manutenção preventivas são mais econômicas do que intervenções diretas para recuperar a estrada. Segundo Bellia e Bidone (1993, p. 190 apud Simonetti, 2010, p. 29), o gerente de manutenção viária deve incluir em seu plano de restauração a rotina de verificação de fatores com elevado potencial impactante, como: erosão, assoreamento e represamento; dificuldade ou impossibilidade de exploração em pedreira; entre outras.

Quando é inexistente a conservação da estrada, eleva os custos da restauração causando impacto na economia e elevação nos custos médios dos transportes.

3.6.4 Fase da operação das obras

A fase de operação da obra de uma rodovia gera impactos e modificações no ambiente, sendo os principais citados pelo Manual Rodoviário do DNER (1996, p. 30):

- Poluição do ar, causada pela poeira do solo, levantada pelo tráfego de veículos; emissão de fumaça das usinas de asfalto; e emissões de substâncias químicas das descargas dos carros.
- Poluição da água, pelo vazamento de tanques de combustíveis, lubrificantes, asfalto, graxas, dejetos sanitários, desgastes de pneu e lona de freio, todos são levados pela água das chuvas diretamente para os igarapés.
- Aumento dos níveis de ruídos, causado por funcionamento de motor, forte aceleração, mudança de marcha, buzinas, etc.
- Aumento dos níveis de vibrações, pelas operações de máquinas e equipamentos, britadores, marteleiros, etc.
- Problemas de segurança da comunidade (usuária ou não da estrada), que se refere a interações entre os veículos, que utilizam a via e os pedestres que fazem parte do tráfego local (DNER, 1996, p. 38).

Esses impactos e modificações, além de serem nocivos aos homens, também afetam a biota, o meio físico e biológico em que a obra está inserida.

4 DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO RAMAL DA ÁGUA PRETA/AREAL

O termo degradação expressa algo negativo relacionado às ações antrópicas sobre o ambiente. Em relação à degradação do ambiente, a Lei nº 6.938/1981 em seu art. 3º considera como “degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente”.

Comumente, as ações antrópicas causam alterações negativas ao ambiente. O aumento dessas alterações, dependendo da intensidade e temporalidade e das características do ambiente, pode levar à degradação ambiental.

A degradação ambiental resulta da ação do homem sobre o meio, sem respeitar os limites impostos pela natureza, sendo mais ampla que a degradação dos solos, pois, envolve não só a erosão dos solos, mas, o assoreamento e outros impactos prejudiciais ao ambiente e ao próprio homem (GUERRA e GUERRA, 2008). Essas degradações resultam na modificação da paisagem e perda de estrutura física, química e biológica da área.

O ramal da Água Preta/Areal passou por melhorias na acessibilidade aos serviços urbanos, apesar de causar alguns impactos ambientais, através do transporte de areia.

Segundo Tsunokawa e Hoban (1997), citado por Moraes (2004, p. 31, 32), estes impactos são classificados em três categorias:

- 1 - Impactos diretos – São os causados pelo processo de construção da estrada, tais como a remoção de material das pedreiras para a construção da superfície e a remoção de vegetação.
- 2 - Impactos indiretos - Considerados secundários, geralmente estão associados ao projeto rodoviário, porém são difíceis de serem detectados. As consequências podem ser maiores do que os impactos diretos, pois, com o tempo, podem alcançar grandes áreas geográficas. Exemplos: degradação da qualidade da água de superfície em decorrência da erosão da terra e o crescimento urbano nas proximidades da estrada.
- 3 - Impactos acumulativos - Produzem efeitos adicionais, multiplicadores ou sinérgicos, como por exemplo, danos nos ecossistemas, devastação da vegetação e erosão do solo.

Desta forma, os impactos ocorridos e correntes no ramal da Água Preta/Areal, são resultados da construção do próprio ramal: erosões, pontes e bueiros inadequados, barragens e assoreamento dos cursos d'água, voçorocas, as manutenções feitas pelos extratores da mineração e aterro para suavizar as declividades, a extração mineral.

4.1 Os processos erosivos

A erosão é um processo que faz com que as partículas do solo desprendam-se e sejam transportadas pela água da chuva. Tem causas relacionadas à quantidade e distribuição espacial de precipitação, a declividade, o comprimento e forma das encostas, as propriedades químicas e físicas dos solos e o tipo de cobertura vegetal (GUERRA e GUERRA, 2008; MENDONÇA, 2004). As erosões nas estradas rurais também podem ser causadas de forma indireta pela ação humana.

De acordo com Franco (2015, p. 9), citando Bertoni e Neto (1990), definem erosão como o processo de desprendimento e arraste acelerado de partículas do solo, causada principalmente pela água, vento e atividade humana, ocorrendo com maior frequência nas camadas superficiais do solo.

Para o IPT (1991) o processo erosivo corresponde à destruição da estrutura do solo e sua remoção, e que pode ser intensificado pela intervenção antrópica, acelerando em determinado índice de degradação.

A construção do ramal da Água Preta/Areal foi iniciada, como toda abertura de obra viária, com o desmatamento, seguida da terraplanagem, mas efetuada de modo inadequado dando origem a aceleração dos processos erosivos.

Observou-se que não foi realizado um planejamento adequado para a construção do ramal. A localização apropriada para construir as estradas são as que permitem menores impactos ambientais na paisagem. Um dos princípios básicos é que o traçado deve ser localizado o mais próximo possível aos divisores de água. Alguns trechos do ramal cruzam os igarapés, o que favorece o recebimento de sedimentos durante o período em que ocorrem fortes chuvas.

De acordo com Guerra *et al.* (1994, p. 19) a água é o principal agente de destruição e erosão, através da água que escorre sob a forma de lençol ou concentrada. Além do escoamento superficial, tem-se a erosão realizada pela infiltração de água no solo. A erosão vai depender ainda do clima, da água movimentada, do solo, da constituição geológica e da declividade do terreno.

Como o clima predominante na região amazônica é o equatorial com características quente e úmido, os efeitos das águas das chuvas na superfície do solo estão ligados ao predomínio da decomposição do solo. A água e o vento são os dois agentes que mais fornecem energia ao processo erosivo.

É fundamental compreender as ações erosivas, a forma de ocorrência, e as possíveis consequências delas. De acordo com Guerra (1994, p. 39), “a dinâmica erosiva é controlada por fatores de erodibilidade, que são as propriedades físico-químicas dos solos e a segunda é a erosividade, que pode ser entendida pela característica das chuvas”.

A erodibilidade é a vulnerabilidade do solo à erosão, de acordo com as suas características específicas, destacam-se a textura, a densidade aparente, a estabilidade dos agregados e o teor de matéria orgânica (VIEIRA, 2008). Para Guerra (1994), também deve ser levando em consideração o estado inicial dos solos, que pode variar ao longo do tempo, após um evento chuvoso ou ainda pelo seu uso, produzindo assim modificações na erodibilidade. As propriedades do solo influenciam nesses processos, dependendo da natureza dos minerais de argila, o conteúdo da matéria orgânica, os constituintes químicos e o tamanho das partículas.

A erosividade é a capacidade que a chuva tem em provocar erosão, dependendo da intensidade, quantidade de precipitação, momento, a energia cinética e aspecto das gotas da chuva.

O impacto e o escoamento podem causar sulcos e ravinas. Segundo Gonçalves (2002), a probabilidade de ocorrência deste tipo de erosão está relacionada com a permeabilidade do solo, e com o grau de agregação das partículas, isto é, quanto menor for a permeabilidade e menor o grau de agregação, maior é a probabilidade de ocorrência. A cobertura vegetal é a defesa natural do terreno contra a erosão.

A cobertura vegetal é essencial. Ela é responsável pela proteção do solo contra a ação do impacto das gotas de chuva (*splash*) e diminuição da velocidade do escoamento superficial.

De acordo com Guerra (1999), a ação do *splash* ou erosão por salpicamento é o estágio inicial do processo erosivo, onde as partículas do solo serão transportadas através do escoamento superficial (*runoff*). Além disso, a cobertura vegetal aumenta a capacidade de infiltração da água da chuva no solo.

Para Coelho Neto (1998), as atividades biogênicas também aumentam a capacidade de infiltração, uma vez que a passagem dos pequenos animais aumenta os poros do solo, facilitando a infiltração e a percolação, por consequência da ação desenvolvida pela fauna escavadora e o enraizamento dos vegetais.

Conforme Guerra *et al.* (1999) é preciso conhecer a dinâmica erosiva para poder evitar a erosão, e tudo começa a partir do momento que as gotas de chuva batem no solo. Nesse instante começa o *splash*, também conhecido como erosão por salpicamento, que podem causar: a ruptura dos agregados, selando o topo do solo; depois, a infiltração que contribui para aumentar a capacidade de armazenamento de água nos solos, e a formação de poças (*ponds*) à medida que o solo se torna saturado, como mostra a (Figura 15), no ramal Água Preta/Areal.

Figura 15 - Formação de pond's, (poças), no ramal da Água Preta/Areal.



Fonte: Levantamento de campo, 2020. Foto: Maria de Fátima da Silva.

À medida que o solo fica saturado com a infiltração da água da chuva, formam-se poças na superfície e tem início o escoamento superficial. Segundo Guerra (1999, p.29) citando Horton (1945), o conceito de evolução de ravinas baseia-se no fato de que, quando a precipitação excede a capacidade de infiltração do solo, inicia-se o escoamento superficial.

Para Tricart (1977, p. 26) “o escoamento superficial ocorre quando a água não pode mais se infiltrar”. Acontece mais onde o solo é argiloso com pequenos poros, como é o caso do ramal da Água Preta/Areal.

De acordo com Guerra *et al.* (1998), o escoamento superficial tem início quando o solo fica saturado durante uma chuva, perdendo a capacidade de infiltrar a água. Parte da água se infiltra no solo e o excedente escorre sobre a superfície do solo, ou seja, o acúmulo supera a capacidade de absorção do solo.

Nas áreas sombreadas pelas árvores, no ramal da Água Preta/Areal (Figura 16), foi observada a formação de poças (ponds). Por ser área plana do terreno, a água encontra dificuldade para escoar, ocorrendo o acúmulo de umidade e diminuição da resistência do solo. A sombra das árvores faz esse trecho do ramal manter-se úmido por um período mais longo que as áreas sem vegetação, e mesmo com o solo seco, a mata mantém a umidade, tornando baixo o nível de poeira.

Figura 16 - Trecho do ramal da Água Preta, com copas das árvores sombreando o ramal.



Fonte: Levantamento de campo, 2019. Foto: Maria de Fátima da Silva.

Quanto mais densa for a cobertura vegetal, mais eficiente será o controle da erosão. Dessa forma, nessa área do ramal, não há ocorrência de erosão. Os moradores contribuem na limpeza do ramal, tanto retirando herbáceas, subarbustos e arbustos que nascem às margens e nas encostas, quanto preenchendo com aterro as declividades e os buracos que surgem pelo acúmulo da água da chuva. Em períodos de maior pluviosidade, a vegetação avança em direção ao centro do ramal, restringindo a sua largura e dificultando a mobilidade.

As áreas florestais no entorno do ramal que apresentam grande biodiversidade, favoreceram a caça ilegal, o que pode levar à diminuição ou até mesmo a extinção de algumas espécies. Nas áreas úmidas dos igarapés são frequentes os buritizeiros (*Mauritia flexuosa*) ocorrendo de preferência nas depressões e em solos inundados.

As florestas de transição, também chamadas de campinaranas, aparecem na parte de solo arenoso. “Possuem uma tipologia bastante diferenciada, 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” (ABREU, 2016, p. 39). A mata de terra firme é constituída por várias espécies arbóreas (Quadro 1).

Quadro 1 - Espécies vegetais de terra firme encontradas na área de estudo (2019).

Espécies	Nome Popular
<i>Endopleura uchi</i>	Uxi
<i>Manikara Huberi</i>	Maçaranduba
<i>Dipteryx odorata</i>	Cumarú
<i>Handroanthus serratifolius</i>	Ipê-amarelo
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá
<i>Cedrela Odorata</i>	Cedro vermelho
<i>Dinizia Excelsa Ducke</i>	Angelim vermelho
<i>Diptotropis purpúrea</i>	Sucupira
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Ipê-roxo
<i>Bowdichia Virgiliodes Kunth.</i>	Sucupira Preta
<i>Lecythispisonis</i>	Sapucaia
<i>Caryocar brasiliense</i>	Piquiá

Organização: Maria de Fátima da Silva, 2020.

A cobertura vegetal também age no sentido de reduzir a velocidade do escoamento superficial e, portanto, contribui para aumentar o volume de água infiltrada.

As encostas ou vertentes tem características que podem refletir direto no processo erosivo, destacando-se: a forma, a declividade e o comprimento. Conforme Bigarella e Mazuchowski (1985), nas encostas com acentuado grau de declividade, a água tem menos tempo de infiltrar, assim como os obstáculos e as resistências ao escoamento da água são menores, havendo a possibilidade do escoamento superficial.

O escoamento superficial pode ser em lençol e ocorre quando a água da chuva escoar normalmente, formando uma capa contínua, carregando uma película do solo. E no escoamento superficial difuso, a concentração do lençol d'água é parcial e dá origem a pequenos filetes d'água, que promove a abertura de sulcos ou regos, causando um pequeno ravinamento.

Quanto maior for o declive, a intensidade das chuvas, maior será a taxa de erosão e a drenagem superficial. Segundo Franco (2015, p. 10), “o volume e a velocidade da escorrência dependem da intensidade, duração e frequência da precipitação, sendo a intensidade o fator pluviométrico mais importante na erosão”. Dependendo do impacto das gotas de chuva no solo, determina-se o volume de sedimentos a ser transportados pelo escoamento superficial.

Ainda conforme os autores, o tamanho e a quantidade de material arrastado pela água dependem da velocidade do escoamento superficial, e essa velocidade, por sua vez, depende do comprimento e declividade da encosta.

Foi possível identificar que os sedimentos transportados ao longo do ramal são constituídos por material fino, composto por argila, areia fina, silte, misturados com galhos e folhas.

Levando em consideração o escoamento superficial, o aparecimento de ravinas é comum em praticamente todos os declives do ramal da Água Preta/Areal, onde os sedimentos provenientes da erosão são carreados para as partes mais baixa do terreno, assoreando os cursos d'água.

As chuvas concentradas nos meses de dezembro a maio, no Amazonas, fazem com que a natureza físico-química dos solos crie uma situação favorável à existência de processos erosivos. Esse período chuvoso possibilita o aumento significativo dos sistemas erosivos ampliando as áreas degradadas, no ramal.

Na (figura 17) observa-se que após a manutenção do ramal, a chuva transportou grande quantidade de sedimentos para o igarapé. O calçamento foi quebrado pela força das enxurradas e as casas construídas às margens do curso d'água foram atingidas pelo aumento do volume de água. Segundo o caseiro P.J.C. (A 5), periodicamente é retirada a areia acumulada no leito do igarapé e reconstrói-se a borda da “piscina de água represada”, quando esta fica danificada. Nota-se que o barramento irregular do igarapé gera impacto ambiental, que corresponde à danificação da área de preservação permanente, edificação irregular e desvio no leito igarapé.

Figura 17 - Erosão e assoreamento ao longo do ramal



A: Margem direita do ramal, primeiro curso d'água transversal (com ponte e bueiro), seta demonstrando os sedimentos sendo carreados para o igarapé; B: Assoreamento do igarapé e calçamento quebrado pelo volume das enxurradas. Fonte: Levantamento de campo, 2018. Fotos: Maria de Fátima da Silva.

O processo de assoreamento no igarapé é um impacto negativo de grande proporção e de manifestação imediata, onde os sedimentos são transportados por escoamento superficial

das declividades em direção ao curso d'água, causando assoreamento e alteração na qualidade e cor da água.

Além da erosão pluvial, é comum ao longo do ramal a erosão em sulcos, caracterizada pela formação “linhas” ou cortes no terreno, onde o escoamento superficial concentra-se, atingindo volume e velocidade suficiente para provocar alterações na superfície do solo, mostrado nas (figuras 18) A, com 1,15 cm de profundidade e 60 cm de largura e B com 0,80 cm de profundidade e 1,30 cm de largura, respectivamente. A figura C, tem 1,15 cm de profundidade e 70 cm de largura. Esses sulcos são instáveis, evoluem de forma rápida para ravinas, quando esses canais não são contidos podem evoluir para uma voçoroca.

Para Hancock e Evans (2006) apud Franco (2015, p. 17), “ravina é uma incisão ao longo de uma linha de drenagem que apresenta sinais claros de degradação, com uma cabeceira constituindo uma quebra bem definida no declive”. Os fortes desníveis topográficos e o regime climático com chuvas concentradas tornam essa área propícia ao desenvolvimento de processos erosivos lineares.

Figura 18 - Erosão pluvial



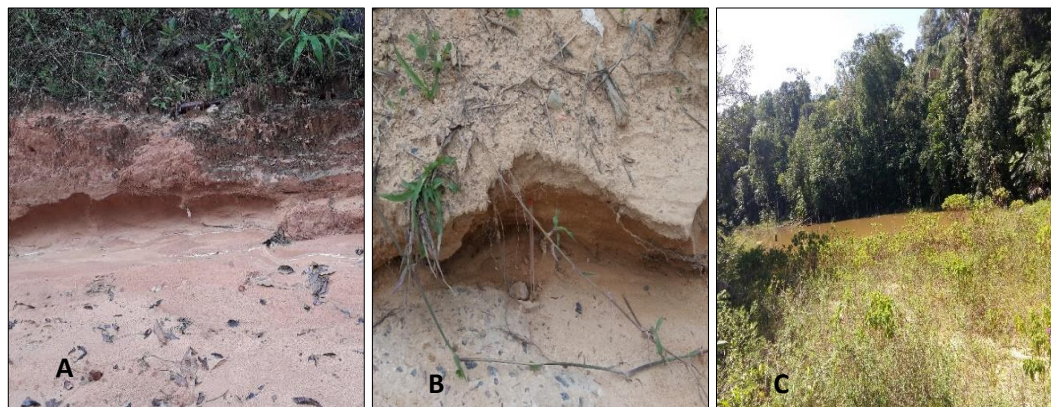
A: Formação de sulcos, em forma de linhas (filetes) de drenagem no ramal da Água Preta/Areal; B: Processos erosivos em fase inicial; C: Escoamento superficial, no pé do talude, com formação de ravina no ramal Água Preta, podendo evoluir para voçoroca, se não ocorrer contenção. Fonte: levantamento de campo, 2019. Fotos: Maria de Fátima da Silva.

O desgaste do solo, quando ocorre em estradas de terra ou ramais, prejudicam o tráfego dos veículos. A ravina é um estado muito avançado da erosão por sulcos, ampliando-o em profundidade e extensão. (GONÇALVES, 2002 apud FRANCO, 2015, p. 8).

No ramal da Água Preta/Areal, observa-se que a passagem de grande volume de água da chuva escava o pé do talude (Figura 19-A), fazendo aberturas de canaletas horizontais na plataforma, por onde a água escoar, causando a desagregação do solo e carregamento deste

material para os pontos mais baixos do terreno. Esses sedimentos são levados até às margens dos cursos d'água causando assoreamento e a turbidez da água (Figura 19-C).

Figura 19 - Processos erosivos e assoreamento



A: Processo erosivo superficial, escavando o talude (solo argiloso) no ramal Água Preta; B: Processo erosivo superficial ramal Areal; C: Igarapé assoreado pelos sedimentos provenientes de processos erosivos que tornam a água turva, ramal do Areal. Fonte: Levantamento de campo, 2019. Fotos: Maria de Fatima da Silva.

Quanto maior for a escavação, maior a instabilidade do talude, e na sequência, seu desmoronamento por falta de canais de drenagens.

Os efeitos da erosão em ramais podem ser reduzidos a partir de medidas que minimizem as consequências do escoamento superficial da água, gerados no local ou nas áreas próximas. A água das chuvas que escoam do ramal provoca erosões progressivas, pista escorregadia, queda de taludes e areões nas partes mais baixas (GRIEBELER *et al.*, 2009).

GRIEBELER *et al.* (2009) diz que as características do talude interferem diretamente na quantidade de água que será escoada e sua energia. Quanto maior o talude, maior deverá ser o canal de drenagem.

Para fazer a manutenção das ravinas, os moradores do ramal retiram manualmente a terra dos taludes de corte. É uma forma de contenção, mas com as constantes chuvas, elas reaparecem, e às vezes, no mesmo local.

A (Figura 20) - mostra a erosão do talude de corte, com exposição de raízes, devido à deficiência no processo de estabilização do solo. As árvores que não caem, ficam com as raízes expostas buscando sustentação. O deslizamento da encosta pode ter os seguintes agentes deflagradores: as águas das chuvas, as quais infiltram-se no terreno; e o processo de escavação manual realizados pelos usuários do ramal, os quais retiram terra para taparem os buracos das ravinas, gerando deste modo a desestabilização do solo.

Figura 20 - Processo erosivos em talude de corte



A: Talude de corte com 3,10 m e raízes expostas; B: Deslizamento dos taludes de corte laterais; C: Talude de corte, altura média de até 3,50 m, com material retirado para preencher as ravinas. Fonte: levantamento de campo, 2018. Fotos: Maria de Fátima da Silva.

4.2 A erosão do tipo voçoroca

A voçoroca é resultado da combinação de vários tipos de erosões. Formam grandes crateras, modificam a paisagem e, às vezes, essas incisões chegam a atingir o lençol freático.

Segundo Vieira (2008), as voçorocas são incisões erosivas que apresentam queda em bloco das camadas do solo, paredes verticais com mais de 1,5 metros de profundidade e vale em forma transversal em U, fundo plano.

ALBUQUERQUE (2004, p. 2) menciona Brawn (1961), em que descreve que voçoroca é uma “erosão que inicia-se por qualquer depressão do terreno, onde as águas de enxurradas, em função do volume e da velocidade possuem grande força erosiva”.

DIRANE (2016, p.27), citando Oliveira (1999), descreve que as ravinas e voçorocas são como incisões resultantes de desequilíbrios naturais ou induzidas pela ação antrópica. A interferência humana pode realçar e alterar a composição física terrestre, assim como pode intensificar o processo de erosão e os seus efeitos, causando problemas socioeconômicos e ecológicos.

Para Bigarella e Mazuchowski (1985), voçoroca é um canal de drenagem com paredes abruptas, com fluxos temporários ou eventualmente pequenos, erosão geralmente intensa e cabeceira bastante íngreme e escapada.

As voçorocas são o maior exemplo de degradação do solo. A importância da declividade parece ser a maior aliada na atuação da erosão e às vertentes de forte inclinação, onde se formam os solos podzólicos, pelo processo de deposição de material removido resultando em um novo solo compacto de material argiloso ou arenoso.

Para Bertoni e Neto (1990, p.77), as formas de voçorocas variam em função do material que constitui o solo.

Vieira (2008) definiu cinco padrões de voçorocas:

- *Linear*, está ligada a existência de uma zona principal de convergência de drenagem.
- *Bifurcada*, apresenta duas zonas de contribuição de fluxos superficiais concentrados.
- *Ramificada*, se caracteriza pela ocorrência de vários canais de drenagem superficiais.
- *Irregular*, está ligada a existência de um ou mais fluxos superficiais concentrados.
- *Retangular*, pode ser a forma final da expansão de uma das outras formas descritas.

A (Figura 21) apresenta uma voçoroca de padrão linear no ramal da Água Preta/Areal, e a deposição do material erodido às margens e no leito do curso d'água, estreitando a largura do canal.

Figura 21 - Vista parcial da voçoroca, que teve seu início durante o ano de 1986. A seta vermelha indica o antigo traçado do ramal Água Preta e ao fundo o igarapé assoreado com o material erodido da voçoroca. Esse ponto é o marco divisor entre ramal da Água Preta e Areal.



Fonte: levantamento de campo, 2019. Foto: Maria de Fátima da Silva.

A incisão da voçoroca teve seu início a partir da abertura do ramal da Água Preta, e seu tamanho evoluiu devido ao desmatamento para a construção da escola Cesarina Damasceno- SEMED, nas proximidades da feição erosiva, e a inexistência de drenagem e de valetas com canalizações nas bordas da estrada de terra gerou um fluxo hídrico concentrado, nesse local as altitudes variam de 80 a 100 metros.

A voçoroca tornou-se o marco divisor entre o ramal da Água Preta e o Areal, ou seja, interrompeu a continuidade do ramal da Água Preta e fez com que fosse aberto desvio. Atualmente, o leito estradal do ramal, nesse ponto, é utilizado por motos, pic up e carros

pequenos, mas são poucos que aventuram-se em passar pelo desvio da voçoroca. São praticadas, também, corridas com quadricúlos e de enduro aos finais de semana e feriados, fazendo o percurso entre a AM-010 e BR-174.

A ação antrópica e os altos índices de precipitação em certos períodos tornaram esse processo evolutivo. Na cabeceira e no interior da voçoroca pode ser constatada a presença de micro feições que resultam da atuação dos mecanismos erosivos indicando o estágio da atividade erosiva e os locais ativos. Segundo Dirane (2016, p.31), “As feições de retrabalhamento no interior das voçorocas resultam da atuação dos mecanismos de reafeiçoamento erosivo e constituem-se importantes indicadores de atividades de denudação nas voçorocas”. Essas micro feições geomorfológicas demonstram que o processo erosivo está atuante na área. Cada micro feição é formada por processo erosivo diferente, a dinâmica e as características da feição erosiva possibilita o surgimento das diferentes morfologias.

No interior da voçoroca foram encontradas micro feições do tipo: *demoiselle* (demonstra a falta de cobertura vegetal e a influência do fluxo laminar no talude), *pináculo* (evidencia que o canal da voçoroca está vulnerável, acelerando o processo erosivo), *escamamento* (associada à ação do fluxo superficial que converge para o talude da voçoroca que forma-se pelo acúmulo de material fino, sobre a superfície resistente).

De acordo com Dirane (2016, p. 29), citando Oliveira (1989), as voçorocas podem ser de três tipos:

- Conectadas, associadas ao escoamento hipodérmico e/ou subterrâneo nas partes baixas da encosta, podendo ser consideradas canais de primeira ordem.
- Desconectadas, encontrando-se na parte superior da encosta ligada ao escoamento superficial e/ou a movimentos de massa e não poderiam ser considerados canais de primeira ordem por não estarem ligadas a nenhuma rede de drenagem.
- Integradas, são a junção das (voçorocas conectadas e voçorocas desconectadas), formando uma só incisão erosiva.

A voçoroca situada no ramal da Água Preta/Areal relaciona-se às do tipo desconectada, por estar na parte superior da encosta, estar associada ao escoamento superficial e não ser interligada a nenhum canal de drenagem. (OLIVEIRA,1989 apud DIRANE *et. al.* 2016, p. 29).

As ravinas e voçorocas estão localizadas com maior frequência na parte do ramal da Água Preta. Esta feição se desenvolveu em área de planalto, onde estão as maiores

declividades. Observa-se que devido à inclinação do terreno, o fluxo das águas superficiais é direcionado para o fundo dos vales, ocorrendo a erosão por arraste de partículas de sedimentos. Predominam nestes locais solos de textura média a leve arenosa.

Segundo Ross *et al.* (2014, p. 11), as variações topográficas e morfológicas possibilitam o deslocamento de matéria sólida das partes mais altas para as partes mais baixas, através das águas das chuvas, tornando um processo contínuo de desgaste.

A erosão acelerada pode ser definida como uma ação rápida de remoção de solo causada pela atividade humana (FRANCO 2015, p. 7). É possível observar ao longo do ramal processos erosivos, em diferentes estágios, configurando-se como processos de degradação ambiental, na medida em que são ocasionados ou acelerados pela ação antrópica.

4.3 Pontes e bueiros inadequados e barragem dos cursos d'água

De acordo com Clay (1995 apud Santos 2017, p. 44), os bueiros são estruturas hidráulicas os quais promovem o escoamento da água superficial por estradas, ferrovias ou um aterro.

Os cursos d'água no município de Manaus, tanto na área urbana, quanto na área rural, sofrem frequentes alterações, através de atividades antrópicas que modificam profundamente a integridade dos recursos hídricos, alterações do leito natural, uso inadequado do solo. A construção de estradas e ramais são fatores que alteram os cursos d'água e causam variação da quantidade e qualidade da água. E os cursos d'água possuem fundamental importância para o desenvolvimento do ser humano.

No decorrer de vários anos, a forma inadequada de construção do ramal da Água Preta/Areal tem impactado os cursos d'água com o assoreamento e represamento. O assoreamento reduziu o volume de água, tornou a água turva, e causou a perda da vegetação ao seu redor, além de entupir os canais de drenagens (os bueiros).

O represamento dos cursos d'água ocorreu com a colocação de bueiros inapropriados, gerando o aparecimento de “paliteiros” (árvores mortas). Os cursos d'água cruzados pelo ramal estão sob forte pressão antrópica, devido à mineração de areia.

A (Figura 22) A e B mostra a saída do bueiro que tem o diâmetro muito pequeno para jusante, formando uma meia-lua (soterrado) pelos sedimentos à montante.

Figura 22 - Problemas de drenagem no ramal da Água Preta/Areal



A: Jusante do igarapé, com pouca vazão, devido ao dimensionamento do bueiro; B: Assoreamento à montante, formando uma “praia” lateral em forma de meia-lua. Fonte: Levantamento de campo, 2019. Foto: Maria de Fátima da Silva.

Quando são observados os fatores de redução de custos de construção e manutenção, os bueiros são as alternativas que têm o maior poder atrativo para cruzamentos de cursos d’água em ramais. Porém, no ramal Água da Preta/Areal, a compra dos bueiros tubulares foi através da arrecadação por meio de cotas dos próprios moradores, a maioria composta por pessoas humildes que estavam contribuindo com a mão-de-obra.

Logo, foi pouco dinheiro arrecadado para comprar muitos bueiros. Motivo pelo qual foram comprados bueiros com diâmetros menores do que exigia a vazão os cursos d’água. A (figura 23), mostra outro igarapé barrado por conta do bueiro inadequado.

Figura 23 - Represamento dos igarapés no ramal no ramal da Água Preta/Areal



A: Igarapé represado pelo ramal, principalmente, por falta de bueiros adequados. Nas bordas, observa-se floresta morta, formando zona de paliteiro. B e C: Bueiros inadequados, composto por quatro tubos de PVC de 100 mm e um pau ocado. Fonte: Levantamento de campo, 2019. Foto: Maria de Fátima da Silva.

Para concluir a obra do ramal até a BR-174, os moradores tiveram que improvisar colocando bueiro de pau ocado, que não deu vazão a tanta água. Anos depois, foram colocados os tubos de PVC 100 mm, durante a manutenção, como forma de amenizar o represamento. Foi observado, também, que o tráfego das carretas carregadas com areia, fez os bueiros adentrarem na terra e sair do nivelamento, dificultando mais ainda a vazão da água. O montante do curso d'água encontra-se em represamento, com o vale afogado, leito estrangulado e vegetação morta formando uma zona de “paliteiro”.

Os bueiros devem ser construídos com tubos de concreto, alvenaria e vergalhões de ferro, para não baixar com o peso dos carros, fato que aconteceu com alguns bueiros no ramal da Água Preta/Areal.

De acordo com (Guerra 1999, p.264; Bigarella e Mazuchowski,1985; Santos *et al.*,1985), entre as medidas recomendadas em estradas, os bueiros devem ser construídos com tubos de concreto, alvenaria, aço, etc., isso em travessias de pequenas drenagens naturais, permanente (córregos) ou temporário (enxurradas).

O fluxo de água nos igarapés do ramal da Água Preta/Areal é laminar, mas na época de chuvas fortes, torna-se turbulento. A (figura 24) mostra mais um bueiro de pau ocado e a altura do aterro feito a cada manutenção para diminuir a declividade, desde a construção na década de 80. Nos dias atuais o local está completamente assoreado pela grande quantidade de sedimentos carregados pelas águas pluviais.

Figura 24 - Bueiro de pau ocado e o processo de assoreamento de um igarapé no ramal da Água Preta/Areal



A: Bueiro de pau ocado, colocado no início da construção. Foto: cedida pelo morador (pai da criança); B: Assoreamento do leito (jusante), menor fluxo de água. Fonte: Levantamento de campo, 2018.

Muitas das ações humanas no ramal implicam em alterações nos cursos d'água como: a propagação da erosão, assoreamento, represamento e criação de animais (porcos e galinhas), próximos dos igarapés para onde todos os dejetos são levados pela água das chuvas. Cinco anos antes, o igarapé (Figura 24) tinha maior fluxo de água e mais profundidade, as crianças brincavam nesse local “pulando na água”. Atualmente encontra-se assoreado (montante e

jusante) e o dono do terreno foi obrigado a perfurar um poço artesiano, para obter água de boa qualidade. Segundo o caseiro (A 6):

Aqui o que causa mais problema é os tiradores de areia, eles arrumam a estrada de qualquer jeito, jogam a terra rumo ao igarapé, isso impede da água passar. Meu patrão teve que mandar fazer um poço artesiano, não tem como usar essa água, ficou muito raso. Essa água chegava até um lago mais a frente (Lago do Leão), hoje chega pouca água. O lago tem peixe, a gente ia pescar. Sem contar que estão falando que o aterro sanitário vem pra cá, aí vai acabar com toda essa área.

No presente, restam três bueiros de pau ocado, os outros foram trocados para desobstruir a passagem da água. Mas, os problemas continuam por conta de os bueiros serem inadequados para a passagem do fluxo da água. Os bueiros são as alternativas mais eficientes para cruzamento de cursos d'água por estradas quando são observados os fatores de redução de custos de construção e manutenção.

A (figura 25) mostra outro bueiro com diâmetro inadequado, improvisado para vazão de água. Com os pesos do aterro, para diminuir a declividade, e dos caminhões carregados com areia, ficou soterrado abaixo do nível da água, perdendo quase que totalmente sua função.

Figura 25 - Impactos nos igarapés ocasionados por bueiros inadequados.



A: Bueiro praticamente soterrado; B: Bueiro abaixo do nível da água, ocasionado pelo peso dos caminhões carregados de areia. Fonte: levantamento de campo, 2018. Fotos: Maria de Fátima da Silva.

Como dito anteriormente, os bueiros são estruturas que possibilitam o trânsito livre dos cursos d'água, nos sentidos montantes a jusantes. No ramal da Água Preta/Areal, os bueiros encontram-se soterrados por sedimentos e entulhos devido à falta de manutenção. Nos

afluentes da margem esquerda do lago do Igarapé do Leão, esse processo gerou a diminuição do volume de água, causando prejuízo à fauna aquática, a vegetação e impedindo que o fluxo d'água chegue até o curso principal (Figura 26).

Figura 26 - Represamento de afluentes, da margem esquerda, do lago do Igarapé do Leão



A e B: Igarapés represados. As setas indicam o sentido do fluxo d'água. Fonte: Levantamento de campo, 2019. Fotos: Maria de Fátima da Silva.

Ao longo do ramal, os vales dos cursos d'água são encaixados, apresentando vertentes íngremes, motivo pelo qual recebem muito sedimentos. O comprimento e o declive dessas rampas são fatores que aumentam a velocidade da enxurrada e volume de material transportado.

São onze cursos d'água ao longo do ramal, sete deles encontram-se represados, assoreados e turvos, à montante, e filetes de água, à jusante.

As áreas com maiores declividades foram aterradas e colocaram-se bueiros com diâmetro menor, sendo insuficiente para a vazão da água. Sobre bueiros, Larinier (2002 citado por Santos 2017, p.20) diz que a “instalação pode modificar condições de fluxo, composição de substrato e condição de iluminação em relação ao curso natural”. Bortoluzzi (2012, apud Santos, 2017, p. 31) afirma que para a instalação de qualquer tipo de equipamento de transposição de cursos d'água é fundamental o estudo de prováveis impactos ocasionados por um modelo inadequado de estrutura que podem ser comprometidas em períodos de chuva com grandes volumes.

Esses obstáculos gerados pelos bueiros causam a fragmentação dos cursos d'água, represamento, supressão da vegetação e eutrofização da água. SANTOS (2017, p.33), citando Brookes e Gregory (1988), referindo-se à construção de bueiros em rodovias, diz que a construção destas estruturas altera os corpos d'água, gerando efeitos negativos na região do bueiro e a montante e jusante das mesmas.

Nos igarapés atravessados por pontes de pau roliço ou por concreto, com uma boa altura, não há represamento da água, mesmo quando ocorrem enxurradas. O fluxo flui normalmente, como pode ser observado na (figura 27). Segundo o relato de A.M.F. (moradora A 3), “antes as pontes eram de pau roliço, mal colocado, era perigoso passar. Deixavam agente sem saída, nós mesmos tínhamos que arrumar as pontes, hoje são de concreto”.

Figura 27 - Aspectos das pontes de pau roliço e de concreto ao longo do ramal.



A: Os cursos d'água atravessados por pontes altas ou “pinguelas”, não têm água represada (ramal do Areal); B: Curso d'água, com ponte de concreto (ramal da Água Preta). Fonte: Levantamento de campo, 2019. Fotos: Maria de Fátima da Silva.

As pontes são estruturas denominadas “obras-de-arte”, apropriadas para a travessia de rodovias sobre cursos d'água de grande porte, em situações onde é impossível a instalação de bueiro e pontilhões (SANTOS, 2017, p. 26).

Deduz-se que os cursos d'água constituíram-se uma “barreira” para a construção do ramal da Água Preta/Areal. Para Bortoluzzi (2012, apud Santos, 2017, p. 25), faz-se necessária a construção de pontes, pontilhões ou bueiros que permitam a passagem de veículos.

Sendo assim, as pontes rústicas que cruzam os igarapés no ramal da Água Preta/Areal são improvisadas com paus roliços, conhecidas como “pinguelas”. A (figura 28) mostra uma “pinguela”, que afundou em consequência do peso do aterro colocado durante as manutenções e o tráfego intenso de caminhões carregados com areia. Por conseguinte, a “pinguela” obstruiu parcialmente o fluxo de água, formando uma barragem. Observa-se, na figura, que além do assoreamento, vários materiais descartados de forma inadequada estão às margens do igarapé represado.

Figura 28 - “Pinguela” obstruindo o fluxo de água e retendo materiais sólidos



Fonte: Levantamento de campo, 2020. Foto: Maria de Fátima da Silva.

Nesse trecho do ramal, apresentado na (figura 28), a construção de ponte é uma maneira apropriada para a travessia sobre o igarapé, porém no caso em tela seria necessária a manutenção adequada.

4.4 Ausência de sistema de drenagem adequado

É através do sistema de drenagem que as águas superficiais e de subsuperfície, que venham atuar sobre o leito estradal, são coletadas e removidas eliminando os seus efeitos nocivos (LIMA *et al.*, 1985).

Para prevenir ou controlar o escoamento superficial e a carga de sedimentos, bem como para a minimização das consequências negativas provocadas pela intervenção antrópica, pode-se construir desvios laterais de drenagem, como forma de estabilizar os processos decorrentes da produção de sedimentos e recuperar as áreas do ramal ou estrada já degradadas.

A água que escoar pelas estradas deve ser recolhida em suas laterais e levadas, para escoadouros naturais ou artificiais, bacias de acumulação ou outro tipo de sistema de retenção localizado no terreno que margeia a estrada ou em suas adjacências (GRIEBELER *et al.*, 2005). No ramal da Água Preta/Areal, os canais de drenagem são direcionados para o interior da floresta e/ou para os cursos d'água, como mostra a (figura 29).

Figura 29 - Características dos canais de drenagem ao longo do ramal.



A: Canal de drenagem direcionando a água para o interior da floresta; B: Sedimentos depositados no interior da floresta; C: Canal de drenagem direcionado para o igarapé, onde os sedimentos são depositados. Fonte: Levantamento de campo, 2019. Fotos: Maria de Fátima da Silva.

Os desvios laterais de drenagem têm como função, captar, desviar, escoar e infiltrar o excesso de água das estradas para evitar os danos ocasionados pela erosão no leito destas e nas áreas vizinhas. Os canais que conduzem a água para a área marginal devem ter declividade pequena, a fim de não provocar a erosão e o espaçamento entre eles deve ser calculado de modo que o volume de água não seja grande (GRIEBELER, *et. al* 2002).

O sistema de drenagem lateral deve proporcionar à estrada boas condições de escoamento das águas superficiais, evitando o acúmulo de água na plataforma, a deterioração total da estrada, considerando o poder destrutivo da água das chuvas. A drenagem adequada não permite que a umidade altere as características de resistência e a erosão comprometa a utilização da via. Segundo Baesso e Gonçalves, (2003, p. 53) “um sistema de drenagem adequado constitui um aspecto tão ou mais importante, do que o próprio revestimento de uma estrada não pavimentada”.

Ainda de acordo com Baesso e Gonçalves (op. cit.) e DNER (1990), citado por Cruz (2005), entre outros, os principais dispositivos comumente empregados nas estradas rurais ou não pavimentadas são:

- Bacias de acumulação: construídas às margens das estradas com o objetivo de aproveitar racionalmente a água das chuvas.
- Lombadas: elevações construídas transversalmente ao longo de toda a largura da plataforma da estrada, cujo objetivo é o de transportar as águas superficiais oriundas das sarjetas, de um lado para o outro da estrada, direcionando-as aos dispositivos adequados (caixas de retenção, bigodes, etc.).
- Sarjetas: são dispositivos construídos longitudinalmente às margens das estradas cuja finalidade é a de captar a água provinda do escoamento superficial do leito

estradal e dos taludes, conduzindo-as para um talvegue natural, bueiro ou sangradouro.

- Bigodes: são dispositivos cujo objetivo é o de conduzir as águas das sarjetas e leiras, diretamente para um talvegue natural, bacia de acumulação, ou outro dispositivo de drenagem.
- Leiras: são dispositivos superficiais destinados a conduzir as águas superficiais para fora da plataforma das estradas, estando presentes somente nos trechos constituídos de aterros. São formadas por pequenas elevações, executadas com material oriundo do corpo dos aterros ou até mesmo dos materiais do próprio revestimento das estradas.
- Caixas coletoras: elementos construídos juntos aos bueiros de greide e destinados à captação das águas superficiais que atingem a plataforma da estrada.
- Dissipadores de energia: dispositivos usados para diminuir a energia potencial que as águas superficiais adquirem durante o escoamento.
- Valetas de proteção: canais abertos próximos à crista dos taludes de corte ou próximos aos pés dos taludes de aterro, dispostos paralelamente ao eixo da estrada com a finalidade de proteger a estrada contra o efeito das águas.

No ramal Areal acha-se alguns desses dispositivos de drenagem lateral, em razão da manutenção mais efetiva, enquanto no ramal da Água Preta são inexistentes tais dispositivos, devido a rara manutenção.

BAESSO e GONÇALVES (2003) reforçam que as caixas devem ter manutenção frequente após cada período de chuva, verificando a existência de material carregado pelo fluxo de água, que deverá ser removido, recomposição da vegetação de proteção junto aos taludes da caixa. A manutenção das caixas deve ser feita ao menos uma vez ao ano e tem um alto custo. Esse alto custo com manutenção, explica a ausência de outros dissipadores no ramal.

4.5 A falta de manutenção adequada do ramal

O local para a construção de uma estrada, preferencialmente, deve ser os divisores de água, porque não serão requeridas estruturas especiais para drenagem e também reduz os custos de construção e manutenção.

As estradas devem ser construídas aproveitando sempre que possível as menores declividades, para facilitar o tráfego e favorecer a implantação de sistemas de drenagem.

O ramal da Água Preta/Areal foi construído, nas falas dos moradores, “no rumo”, que significa sem nenhum conhecimento específico. Atualmente, como manutenção, são realizados os serviços de “patrolagem” (nivelamento da superfície do ramal com motoniveladora, sem acréscimo de material), a construção de valetas laterais, tapamento de buracos com terra e, para diminuir a declividade, procederam aterros onde localizam-se bueiros e pontes.

Essa manutenção no ramal da Água Preta é executada por moradores que têm alguma representação política, e no ramal Areal é realizada por exploradores dos areais. As escavações para retirada de material de empréstimo foram efetuadas contíguas ao corpo estradal. Desmataram a área e retiraram o solo, sem adoção de medidas de proteção ambiental (Figura 30).

Figura 30 - Características da manutenção do ramal



A: Retirada de material de empréstimo, à margem do ramal para a manutenção do mesmo. B: Na manutenção no ramal Areal, o material da raspagem foi direcionado para o curso d'água, diminuindo o leito através do assoreamento. C: Durante a lavra nos areais a máquina lança areia diretamente para o igarapé. Fonte: Levantamento de campo, 2019. Fotos Maria de Fátima da Silva.

Para Nunes (2003, p. 6), os municípios, em geral, dispõem de escassos recursos técnicos e financeiros a serem empregados nos serviços de manutenção e recuperação das estradas de terra. Aliado a isso, se incumbe a noção errônea de que a manutenção dessas estradas não requer especialização.

Estudos sobre a conservação das estradas vicinais evidenciam o transporte de sedimentos, a erosão do solo e nas margens de estradas carregam materiais sólidos para os leitos dos rios. Estes fatores contribuem para a diminuição da qualidade ambiental e dos recursos hídricos. (CEPA, 1999).

4.6 Defeitos comuns encontrados no ramal da Água Preta/Areal

NUNES (2003, p. 23) define defeito em estrada não pavimentada - toda alteração na superfície de rolamento da estrada que demonstre, de forma negativa, as condições da superfície de rolamento e, conseqüentemente, a de trafegabilidade.

Os tipos de defeitos mais comuns que ocorrem nas estradas rurais não pavimentadas são sete: seção transversal imprópria; drenagem lateral inadequada; corrugações; excesso de poeira; buracos; trilha de roda; e segregação de agregados (IPT, 1988; BAESSO e GONÇALVES, 2003, p.81).

Esses defeitos surgem da combinação de fatores como tráfego contínuo, manutenção inadequada, tipo de solo, chuvas, falta de sistema de drenagem, entre outros. Na (figura 31) são apresentados alguns tipos de defeitos que afetam as condições do corpo estradal do ramal da Água Preta/Areal.

Figura 31 - Tipos de defeitos no corpo estradal do ramal Água Preta-Areal



Fonte: Google Earth, 2019; Fonte:(A, B, C) Levantamento de campo, 2020. Fotos: Maria de Fátima da Silva.

Segundo Nunes (2003, p. 20), as condições da superfície de rolamento de uma estrada dependem de fatores variando de acordo com a região. Esses fatores são: o tipo de solo, clima, topografia, tráfego e frequência de manutenção, os quais influenciam diretamente no aparecimento de defeitos no leito das vias.

As **trilhas de rodas** se caracterizam por depressão que ocorre paralelamente ao eixo da pista causada por repetidas passadas de veículos. Se não corrigidas após o seu aparecimento poderá tornar a estrada intransitável (BAESSO e GONÇALVES, 2003, p.85). Sua severidade é agravada de acordo com a profundidade do defeito. É ocasionado pela repetição de carga sobre o mesmo ponto (NUNES, 2003, p. 29). Nesse caso, os caminhões carregados com areia formam as trilhas de rodas no ramal do Areal.

Como afirma Ferreira (2004 apud Dias Junior, 2014, p. 28), a **segregação de agregados** ocorre em locais onde o solo é excessivamente argiloso, em rampas mais íngremes, onde foi aplicado revestimento primário sem a devida compactação. A adição de material granular para aumentar o atrito entre os pneus e a superfície, sem argila que é o material mais ligante, obtém boa junção e uma compactação adequada, esse material vai desagregando e ficando solto. Também ocorre em locais de solo arenoso em regiões planas por deficiência de material ligante. Faz-se necessário ter conhecimento de qual material usar como revestimento em estradas de terra ou ramal, para não oferecer perigo ao tráfego de veículos.

A estrada possui uma **seção transversal inadequada** quando existe dificuldade dela transportar a água de seu leito para os dispositivos de drenagem existentes em suas laterais (BAESSO e GONÇALVES, 2003, p. 81).

A superfície de rolamento de uma estrada rural não pavimentada deve permitir o escoamento das águas superficiais para as laterais da pista, para que possam ser conduzidas pelo sistema de drenagem longitudinal. Uma superfície sem a declividade transversal necessária para direcionar a água para as valetas ocasiona o escoamento da água sobre a superfície de rolamento, potencializando o processo de erosão hídrica pluvial.

No ramal da Água Preta/Areal as poucas valetas que deveriam promover o rápido escoamento das águas pluviais, não permitindo que permaneçam por muito tempo na superfície, estão desmoronando ou erodindo. Essa erosão afetou o sistema de drenagem, que por sua vez, vai necessitar de manutenção.

A **drenagem lateral inadequada** é caracterizada, conforme Baesso e Gonçalves (2003, p. 82), pelo acúmulo de água na plataforma, originada principalmente pelo mau funcionamento dos dispositivos de drenagem superficial.

O **excesso de poeira** causado por material fino desprendido da camada de base ou revestimento do leito da estrada, principalmente no período mais seco, é responsável pela formação de nuvens de poeira que causa desconforto aos usuários. Segundo Baesso e Gonçalves (2003, p.83), podem acarretar entre outros danos: diminuição da visibilidade dos

motoristas, elevando os riscos de acidentes; problemas de saúde às pessoas, sendo causa de muitas alergias; as partículas abrasivas causam prejuízos às partes móveis dos motores dos veículos reduzindo sua vida útil.

As **corrugações**, também chamadas de ondulações, são irregularidades caracterizadas por deformações que aparecem na pista de rolamento das estradas não pavimentadas, posicionadas em intervalos regulares, perpendicularmente ao sentido de fluxo do tráfego. Podem ser regulares, em solos arenosos, e irregulares, em solos argilosos (NUNES, 2003, p. 27). Esse tipo de defeito causa trepidações no veículo e desconforto aos viajantes.

Sendo assim, de acordo com Casarin (2008, p. 15), as estradas rurais devem apresentar características para suportar a carga a qual será submetida de forma que não ocorram deformações que alterem o traçado e o projeto inicial, além disso, deve ser feito um projeto de drenagem para que a umidade e o escoamento superficial não alterem suas características de resistência e que a erosão não comprometa sua funcionalidade.

São várias as causas que podem ocasionar os **buracos**. Surgem com desgaste ocasionado pelo tráfego, quando as partículas sólidas vão sendo expulsas pela passagem contínua de veículos e o local começa a acumular água. Dentre as várias causas, podemos citar a inexistência ou deficiência do revestimento primário, falta de material ligante (argila), plataforma da estrada mal drenada e a falta de abaulamento transversal (NUNES, 2003, p. 28).

4.7 A extração mineral – areia e arenito

Como ponto positivo, o ramal promoveu melhorias à acessibilidade urbana, sendo um importante elo entre o meio rural e a cidade de Manaus, proporcionando à população da zona rural os acessos aos serviços de saúde, emprego, comércio, lazer e educação disponíveis na cidade. Por outro lado, têm-se os pontos negativos: desmatamentos e limpeza do terreno, serviços de terraplenagem, assoreamento dos cursos d'água, erosão, drenagem, bueiros, pontes e exploração de areia e arenito para a construção civil, entre outros.

A degradação decorrente dos processos erosivos afetam também áreas adjacentes com lançamento de sedimentos sobre os locais de vertente, processos esses aliados à extração do “Arenito Manaus”.

A extração do “Arenito Manaus”, sem licenciamento ambiental, teve início em meados da década de 80 do século passado, no quilômetro dois do ramal da Água Preta. Nesse local o arenito aparece em núcleos isolados e tem a cor avermelhada. Esse agregado era transformado em britas para serem usadas na construção civil.

O arenito era extraído em pedreiras a céu aberto. O desmonte e a britagem do arenito compreendia os seguintes processos: decapagem do terreno para remover o solo e o desmonte da rocha com explosivos. Geralmente, quando havia afloramento do lençol freático, a água era retirada com bombas e drenada para os igarapés adjacentes. As cavas abandonadas resultaram em lagos.

A esses processos primários impactantes, ao longo do ramal da Água Preta/Areal pela extração de areia e arenito, seguiram-se outros: supressão da vegetação, dispersão da fauna, aumento no escoamento superficial, assoreamento e turvamento das águas dos igarapés, descarte inadequado de óleo, pilhas de rejeito, funcionamento de motores, britagem, poeira, deposição de partículas finas sobre a vegetação e carregamento do minério. Esses fatores causaram prejuízos ao ambiente e à trafegabilidade (buracos e poças).

A exploração de areia e arenito é uma atividade impactante, não destrói somente a paisagem (formação de ravinas, mudança do perfil topográfico, instabilidade das encostas), traz consigo, também, consequências sócios-ambientais, tais como ruídos sonoros e vibrações das máquinas e explosões nas pedreiras, lançamento de poeira, fuligem e fragmentos, prejuízo e desvalorização das terras onde há ou houve exploração e o transporte de areia causa perigo na via de acesso, aos moradores da área.

Segundo um morador (A 7) da área, P.S.N.:

Nessa época o dono do terreno da pedreira do km 02 do ramal da Água Preta era o seu Walter, conhecido como dono de “britador”. Ele começou a explorar a pedreira, mas ela não é de lajeiro é formada por bolão (núcleos isolados) o trabalho e despesas eram maiores que o lucro. Em pouco tempo ele foi denunciado pelos moradores, por conta do barulho e perigo das explosões, poeira, pelo risco de trafegabilidade dos veículos de transporte que afetava a população, entre eles as crianças que iam a pé para a escola, a lama que era jogada no igarapé e também por danificar toda a estrutura do ramal. O local foi fechado pela SEDEMA e em seguida ele me vendeu o terreno.

A ocupação habitacional no entorno da pedreira e as restrições ambientais constituíram obstáculos à lavra do arenito. As áreas de lavras de blocos de pedras e britas desativadas estão se reconstituindo, por outro lado, intensificou-se a extração de areia clandestina, para a construção civil, em outras áreas do ramal.

Cardoso (2008, p. 29) esclarece que:

“Na região de Manaus os recursos minerais explorados para o uso na construção civil, são areia quartzosa, arenito ou argilito silicificado na produção de brita ou pedra bloco, o latossolo ou aterro e a argila. Todas as reservas desses minerais são superficiais, o que caracteriza no tipo de exploração a céu aberto, onde o método de exploração é o em tiras paralelas, no caso das areias e do aterro, ou em bancadas, no caso da extração do arenito ou argilito e argila.”

Com a criação da SEDEMA, atual SEMMA (Secretaria Municipal do Meio Ambiente), esses locais foram fechados, devido aos impactos causados ao ambiente e o descaso na recuperação das áreas degradadas. No entanto, os órgãos ambientais SEMMA (Municipal), IPAAM (Estadual) e IBAMA (Federal), responsáveis pelo licenciamento e fiscalização ambiental, têm dificuldades em monitorar e controlar essas atividades. As extrações clandestinas causam danos ambientais graves e às vezes irreversíveis. De acordo com os dados levantados por Cardoso (2008, p.66), “as extrações de areia é a atividade de maior potencial de impacto ambiental na região de Manaus”.

A areia retirada pelas empresas da construção civil é utilizada para fins de comercialização. Após observações realizadas em campo, o que se constata é que o trabalho de fiscalização ambiental não está garantindo a devida conservação da área, ou seja, não estão sendo tomados os devidos cuidados com o meio ambiente.

Conforme relatado anteriormente, a intensiva extração de areia expõe o solo aos processos erosivos, demandando grande carga de sedimentos para os cursos d’água, ocasionando o assoreamento dos canais e comprometendo a vida aquática pelo aumento da turbidez da água e redução da luminosidade.

A (figura 32) mostra a confluência de dois cursos d’água assoreados com sedimentos advindos dos locais da extração de minério de areia. Assim, nesse ponto, o assoreamento dos canais tem como origem a exploração de areia. Além do assoreamento dos canais, acumulam-se lixo descartados na área de extração (vidros, pneus, filtros de óleo, correias, câmaras de ar e baldes plásticos). O acúmulo do lixo e de sucatas torna-se um ambiente propício para proliferação de vetores, como larvas, insetos, baratas, etc.

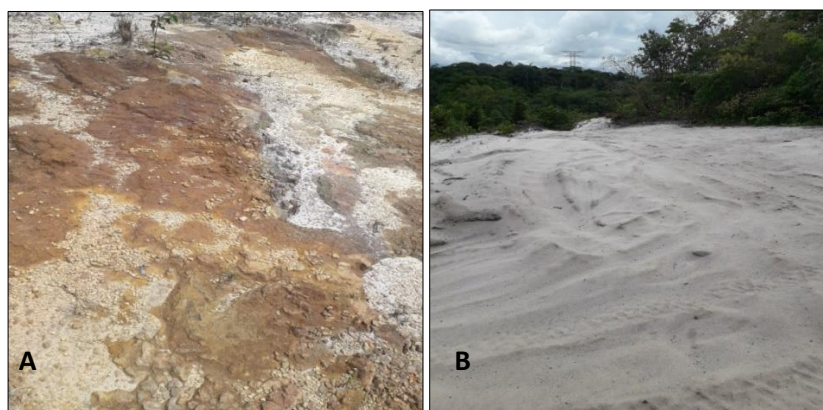
Figura 32 - Consequências da extração de areia



A: Confluência de dois cursos d’água assoreados; Perda de buritizeiros e das condições de habitat para a fauna aquática no ramal Areal, devido ao assoreamento. B: Lixo descartado nas cavas abundadas de extração de areia (ramal Areal). Fonte: Levantamento de campo, 2020. Fotos: Maria de Fátima da Silva, 2020.

Constatou-se a ocorrência de afloramentos isolados de arenitos silicificados de forma a representar a retirada clandestina de areia até a exaustão (Figura 33). A lavra de areia é praticada sem acompanhamento técnico, planejamento e definição para uso futuro da área e recuperação ambiental. Quando ocorre a exaustão da jazida de areia, o local é abandonado. É importante frisar que existe, também, exploração clandestina de areia às margens do ramal Areal, nas proximidades da BR-174.

Figura 33 - Extração de areia no ramal Areal



A: Afloramento do Arenito Manaus, após a extração da areia; B: Extração de areia clandestina, à margem do ramal Areal. Fonte: Levantamento de campo, 2020. Fotos: Maria de Fátima da Silva.

Para um morador local a atividade de retirada de areia é a maior causadora de degradação no ramal Areal.

Nas observações de campo, constatou-se que as pilhas de estocagem da areia são efetuadas em um terreno próximo à saída do ramal, pela BR-174, a fim de evitar falta de areia para a construção civil, durante o período chuvoso.

As áreas onde a areia já foi exaurida não são recuperadas e apresentam-se desprovidas de vegetação ou com uma incipiente regeneração natural. A legislação brasileira, ao cuidar do referido princípio do poluidor-pagador, refere-se tão somente ao seu caráter reparatório.

O art. 225 da Constituição Federal (2020), que trata do meio ambiente, expõe:

§2º - Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a reparar o meio ambiente degradado, de acordo com a solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

§ 3º - As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

Mesmo assim, não se cumpre a lei e os impactos ambientais provocados pelas atividades antrópicas causam desequilíbrio no ambiente, colaboram para o acúmulo do lixo e assoreamento dos cursos d'água.

O impacto ambiental, de acordo com a visão de Sánchez (1999), é decorrente de ações que provocam eliminação de um elemento do meio ambiente ou ainda a introdução da quantidade de fatores maior que a capacidade de suporte. Essas ações produzem alterações, favorável ou desfavorável em alguns dos elementos do meio ambiente.

Sendo assim, as ações humanas no ambiente, como a construção ou ampliação de um ramal, implicará na geração de impactos positivos e negativos no ambiente em seu entorno. As construções de ramais promovem efeitos positivos como o desenvolvimento econômico e o bem-estar social das pessoas, mas como efeitos negativos reduz a capacidade do ecossistema em manter a sua biodiversidade original.

Christofoletti (2003, p. 430) diz que “a exploração dos recursos minerais tem repercussão sensível na modificação do cenário topográfico [...] é irreversível [...] muitos procedimentos podem e devem ser empregados para minimizar tais efeitos negativos”.

São poucos os estudos destinados às análises de impactos ambientais relacionados à construções de ramais e à exploração dos recursos minerais para a construção civil, principalmente nas áreas periféricas do município de Manaus.

O descarte de lixo está presente em toda a extensão ao longo das laterais do ramal da Água Preta/Areal e próximo aos cursos d'água. Esses depósitos de lixos são gerados por transeuntes da via e principalmente pelos transportadores de areia do local (Figura 34).

Figura 34 - Lixos descartadas ao longo do ramal Água Preta/Areal



A: Descarte de lixo às margens do ramal; B: Resíduo sólido sendo transportado para o igarapé. Fonte: Levantamento de campo, 2020. Fotos: Maria de Fátima da Silva.

O descarte de resíduos sólidos às margens do ramal vai desde garrafas PET, material plástico, geladeira, latas, filtro de óleo de caminhões até resíduos de construção civil. De acordo Rodrigues e Cavinatto (2003, p. 6), “lixo, na linguagem técnica, é sinônimo de resíduos sólidos e compreende os materiais descartados pelas atividades humanas”.

Sendo um dos principais problemas, o descarte incorreto, pelo fato de que esses materiais possuem resistência à biodegradação, podem levar séculos até se decomporem completamente. O descarte em lugares inapropriados, incluindo áreas próximas aos cursos d'água, causa impactos negativos à qualidade da água.

Como resultado da exploração intensiva de areia, do arenito manaus em forma de blocos (década de 80- ambiente em regeneração natural lenta) e a falta de implantação adequada da estrada rural, o ramal da Água Preta/Areal acumulou por anos vários impactos tanto para o meio antrópico quanto biótico, conforme são dispostos na (tabela 1). De acordo com o ambiente, **média** são severidade moderada, e **alta**, grandes níveis de severidade.

Tabela 1 - Classificação das degradações ambientais do ramal da Água Preta/Areal quanto à severidade

Impactos potenciais	Descrição	Severidade
Assoreamento	Em todos os cursos d'água gerando perda parcial de buritizeiros e da vegetação marginal e desencadeando alterações no ecossistema aquático.	Alta
Extração clandestina de areia	Modificação do meio através do desmatamento, surgimento de cavas abandonadas, fragmentação de habitats de terra firme, tráfego intenso no ramal, problemas no corpo estradal.	Alta
Bueiros inadequados	Sete cursos d'água estão com água represada pela ausência de aplicação de planejamento gerando o surgimento de “paliteiros” e processos erosivos.	Alta
Descarte de lixo	Margens do ramal e em areais exauridos; Impacto visual.	Média
Impactos nos igarapés	Represamento, turbidez, lixo, assoreamento, perda do ecossistema aquático.	Alta
Processos erosivos	Voçoroca, ravinas; Falta de sistema de drenagem; Perda do solo.	Alta

FONTE: Adaptado de Dias Junior, 2014. Organização: Maria de Fátima da Silva, 2020.

A classificação da degradação ambiental foi realizada através da observação em campo na área de estudo, que dependendo da severidade em que estão ocorrendo, podem provocar sérios prejuízos aos moradores da comunidade local, como falta de água potável.

5 AS UNIDADES ECODINÂMICAS DA ESTABILIDADE AMBIENTAL NO RAMAL DA ÁGUA PRETA/AREAL

A identificação e caracterização dos aspectos ecodinâmicos da área foi definido pelos níveis de estabilidade ambiental baseado na metodologia de Tricart, levando em consideração as características morfodinâmicas, classificando as unidades ecodinâmicas, diante das suscetibilidades da natureza em função dos riscos potenciais e a degradação ambiental como: estáveis, intergrades e instáveis.

5.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS UNIDADES ECODINÂMICAS

A análise dos elementos da paisagem natural do ramal da Água Preta/Areal foi elaborada de acordo com a abordagem de Tricart (1977) na qual são definidas as unidades ecodinâmicas estáveis, intergrades e instáveis, através de uma análise sistêmica como instrumento para estudar os problemas do ambiente.

Nesse contexto, com base nessa proposição metodológica de análise morfodinâmica da paisagem, salienta-se a importância para as observações morfoestruturais, processuais e funcionais da superfície terrestre. Enquanto estudava um sistema de paisagem, o referido autor enfatiza que “é preciso conhecer as modalidades da dinâmica natural para compreender os mecanismos de degradação antrópica [...] e que se impõe a uma perspectiva interdisciplinar” (TRICART, op. cit., p. 68).

A degradação deve ser examinada sobre vários aspectos como a cobertura vegetal, solos, processos morfogenéticos e condições hídricas. O componente mais importante da dinâmica da superfície da terra é o morfogênico, pois ele produz instabilidade e é o fator limitante no desenvolvimento dos seres vivos. Outro componente a ser considerado é o pedogenético que conduz a evolução dos solos. É necessário considerar também as influências antrópicas e os níveis de degradação que daí decorrem. Quanto ao grau de estabilidade morfodinâmica e da degradação antrópica, os processos são importantes para avaliar as tendências evolutivas e regressivas.

A metodologia de Tricart tem por base a dinâmica dos ecótopos, chamado de ecodinâmica. Os ecótopos são ambientes de um ecossistema. Segundo Tansley (1932), citado por Tricart (1977, p.17) o ecossistema é “um conjunto de seres vivos mutualmente dependentes uns dos outros e do meio ambiente no qual eles vivem”.

Sobre a metodologia de Tricart, Cardoso (2003) afirma que o princípio das Unidades Ecodinâmicas tem como objetivo o manejo adequado dos recursos ambientais e identificação

dos impactos antrópicos. Os aspectos das unidades ecodinâmicas no ramal da Água Preta/Areal e suas características, definem a paisagem juntamente com as ações antrópicas que causam alterações no sistema natural.

Conforme Tricart (1977, p. 19), “sistema é um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia”. Eles diferem na soma das propriedades de seus componentes, mas aparece como o melhor instrumento para analisar os problemas no meio ambiente.

O mesmo autor afirma que o sistema é o melhor instrumento para estudar os problemas do ambiente, porque é um conceito dinâmico e adequado para fornecer os conhecimentos básicos para uma atuação. Assim sendo, o aspecto sistêmico foi considerado o instrumento mais adequado a permitir a integração de resultados relacionados aos fatores naturais e antrópicos.

Cada ecossistema tem uma comunidade com sua diversidade de organismos vitais para manutenção dos componentes bióticos e abióticos. Quando um ecossistema tem interferência antrópica produz reflexos negativos.

A figura (35) retrata um remanescente de ecossistema natural com areia quartzosa, em uma área do ramal, após o processo de lavra (cava abandonada). A vegetação está em regeneração, sendo composta de gramíneas, vassourinha de botão (*Spermacoce verticillata*), arbustos e vegetação secundária no estágio pioneiro.

Figura 35 - Vegetação se reconstituindo naturalmente, após a extração da areia (ramal do Areal).



Fonte: Levantamento de campo, 2018. Foto: Maria de Fátima da Silva, 2018.

Ainda de acordo com Tricart (op. cit., p. 32), o conceito de unidades ecodinâmica é integrado no conceito de ecossistema, enfoca as relações mútuas entre os diversos

componentes e os fluxos de energia/matéria no ambiente. Nesse sentido, as unidades ecodinâmicas ou morfodinâmicas estão integradas ao conceito de ecossistemas, essa relação promove o equilíbrio dinâmico e os recursos são utilizados sem degradar o ambiente.

Os ecossistemas são compostos por meios abióticos e bióticos. Os meios abióticos referem-se ao potencial ecológico que abrange os elementos não dotados de vida e contribuem para estruturar o sistema (solo, clima, relevo, água). Os bióticos referem-se aos seres vivos (flora, fauna). O homem depende do meio biótico e abiótico para sobreviver.

Para Tricart (op. cit. p.17), o homem participa dos ecossistemas onde vive, os modifica e esses ecossistemas reagem, como forma de reivindicar que os seres humanos adaptem-se a eles. As interações são intensas e afetam tanto os homens que vivem na zona rural, quanto os que moram nas cidades.

As atividades antrópicas estão sempre interferindo no ambiente natural, seja para retirar materiais para uso próprio, seja para uso econômico. Assim, o equilíbrio dinâmico é frequentemente alterado pelas intervenções humanas gerando estados de desequilíbrios temporários ou até definitivos.

Como exposto anteriormente, o ecossistema do ramal da Água Preta/Areal é de terra firme, o qual se desenvolve em terrenos sedimentares da Formação Alter do Chão, de idade cretácea, recobertos por vegetação do tipo floresta Ombrófila Densa fechada, Floresta Ombrófila aberta e Campinarana.

Do ponto de vista da ecodinâmica, o ecossistema, em alguns trechos do ramal, pode ser considerado um meio fortemente instável, em virtude do impacto causado no ambiente pelas atividades antrópicas. Sendo o maior impacto decorrente da extração de areia, onde as alterações são bastante evidentes.

De acordo com Tricart (1977), os geossistemas caracterizam-se por uma funcionalidade nos processos de troca entre matéria e energia através do equilíbrio dinâmico, constituindo o que concebem-se como ambientes estáveis, mas não estáticos.

Quando as unidades do sistema são impactadas pelas atividades humanas, a tendência é a perda do seu estado de equilíbrio, e quando isso acontece, passa à categoria de instáveis. Então, ao modificar a cobertura vegetal, modifica-se a pedogênese e o regime dos cursos d'água. Intervir na cobertura vegetal afeta o regime das águas, a temperatura, a fertilidade do solo, reduz os organismos decompositores e a resistência do solo a erosão pluvial.

A ecodinâmica pode avaliar as unidades territoriais com base no balanço pedogênese/morfogênese, classificar os graus de estabilidade/instabilidade ambiental e da paisagem.

Essa síntese de estudo baseada em Tricart foi utilizada para identificar e caracterizar os aspectos ecodinâmicos do ramal da Água Preta/Areal, definindo os níveis de estabilidade ambiental do local, como, por exemplo, os processos erosivos causados pela construção do próprio ramal e o desmatamento desordenado para ocupação irregular, decorrente da divisão de terra em lotes menores.

As contribuições de Jean Tricart, entre as décadas de 60 e 90, possibilitaram o desenvolvimento da geomorfologia aplicada de acordo com os interesses ambientais. Para o estudo da geomorfologia dinâmica deve-se observar e caracterizar a estrutura geológica, o solo, o relevo, a cobertura vegetal e os processos antrópicos.

Os fatores estruturais podem fornecer a configuração do relevo e da paisagem. Na área do ramal da Água Preta/Areal, como exposto anteriormente, encontra-se lineamentos que controlam a distribuição dos igarapés e os processos erosivos. A exposição da rocha da Formação Alter do Chão em alguns pontos do ramal, devido a retirada da cobertura arenosa e explosões para a extração de blocos para transformar em brita, indicam a correlação com os atributos do solo, a topografia e o comportamento da rede de drenagem. A litologia oferece condições edáficas específicas para o ecossistema de terra firme, principalmente de campinarana.

A característica geomorfológica permite compreender a compartimentação topográfica, as formas de relevo e a dinâmica morfoclimática atuando na paisagem.

Considerando a proposta dos seis níveis taxonômicos das formas de relevo em suas características fisionômicas, apresentada por Ross (2014), na área de estudo, os processos morfodinâmicos predominantes correspondem ao 6º táxon (Unidade Morfoescultural), que são formas de relevo que se desenvolvem ao longo das vertentes e dos taludes de corte, geradas pelos processos erosivos e sedimentação atuais e, principalmente, pelas intervenções antrópicas (ravinas, erosão laminar, voçorocas, assoreamentos, corte de talude, aterros, escavações).

Sobre essa integração morfodinâmica, Fortes (2001, p. 58), considerando a importância do relevo acredita “que explicando a transformação da paisagem através da geomorfologia, seja possível compreender a relação sociedade-natureza”.

A cobertura vegetal com relação às características morfodinâmicas está associada à sua capacidade de proteção, pois pode tornar lenta a infiltração das precipitações no solo, diminuindo os processos erosivos e abastece o lençol freático. Tem-se o domínio da pedogênese sobre a morfogênese.

Sendo assim, quando a cobertura vegetal é mais densa, permite o desenvolvimento e maturação do solo, através dos processos pedogenéticos e morfogenéticos.

De fato, a cobertura vegetal desempenha um papel importante na pedogênese. O desmatamento gera uma instabilidade no relevo. Na área de estudo não teve implantação agropecuária, mas desmatamento, queimadas e abandonos dos terrenos.

Conforme dados da EMBRAPA (2005, p. 611), o desmatamento na região de Manaus, a partir de 1995 a 1999, ocorreu na direção noroeste, ao redor das rodovias AM-010 e BR-174 e vicinais a partir destas, e “como são áreas que foram destinadas ao assentamento, pelo Instituto Nacional de Colonização Agrária (INCRA), os terrenos foram desmatados, queimados e, em sua maioria, posteriormente revegetados para a implantação agropecuária”.

Assim, os processos erosivos na área de estudo são decorrentes das ações antrópicas pela construção do ramal e as atividades da lavra de areia. Tendo a classificação dos meios ecodinâmicos de TRICART (1977), e levando em conta a relação morfogênese/pedogênese, quando há um predomínio de processos erosivos, a morfogênese ocasiona modificação nas características do relevo ou terreno, tornando-o instável.

Em contrapartida, quando há predominância da pedogênese, a formação do solo é dominante e esse terreno pode ser considerado como estável. Se ocorrer o equilíbrio, a unidade ecodinâmica é considerada intergrades, como mostra a tabela 02.

Tabela 2 - Avaliação da vulnerabilidade erosiva da área de estudo, segundo Tricart (1977).

Unidades ecodinâmicas	Relação pedogênese/morfogênese	Valores de vulnerabilidade
Estáveis	A pedogênese prevalece	1
Intergrades	Pedogênese e morfogênese em equilíbrio	2
Instáveis	A morfogênese prevalece	3

Organização: Maria de Fátima da Silva, 2020.

No ramal da Água Preta/Areal, a instabilidade morfodinâmica teve início a partir da sua construção. Seguidamente formaram-se ravinas que se desenvolveram aceleradamente no ambiente sem a proteção da cobertura vegetal. As lavras clandestinas de areia nas proximidades dos igarapés transportam grande volumes de sedimentos até as suas margens (Figura 36).

Essas transformações no ambiente natural agem em cadeia com outros atributos físicos (clima, relevo, litologia, hidrografia), resultando em outros impactos nos ecossistemas. As interferências antrópicas tornam esse meio instável. A (figura 36-A) apresenta os sedimentos levados da área de lavra de areia abandonada, até a margem do curso d'água, causando o

assoreamento e enterrando a vegetação. Corroborando com Tricart (1977, p. 54), quando descreve processos erosivos causados pela mineração, em que os rios são edificados com os detritos das ravinas “sepultando parcialmente a vegetação, cujo estrato abaixo foi morto, enquanto os arbustos sobrevivem meio encobertos”.

Ainda na (figura 36- B) o processo erosivo destruiu parte do ramal e deu origem à voçoroca, e C; observa-se que o bueiro foi instalado inadequadamente, encontra-se com um raio de seu diâmetro composto por areia, diminuindo o potencial de vazão, a água adentrou a vegetação e está formando bancos de areia às margens do igarapé.

Figura 36 - Categoria morfodinâmica – meios instáveis do ramal Água Preta/Areal



A: Sedimentos oriundos de uma lavra de areia entre o ramal e o igarapé; B: Voçoroca à margem esquerda do ramal; C: Represamento e assoreamento do igarapé. Fonte: Levantamento de campo, 2019. Fotos: Maria de Fátima da Silva.

Os igarapés do baixo e médio curso do igarapé do Leão, que estão situados na área de estudo, têm instabilidade morfodinâmica, sejam represados pelos bueiros inadequados e assoreados, sejam com água turva ou barrenta. Tricart (1977, p. 65) afirma que “é o meio rural que fornece, de modo crescente, um recurso dos mais essenciais e apreciados: a água. São as regiões rurais que permitem a alimentação dos lençóis freáticos e sua realimentação”. É no meio rural que se produz os alimentos e os componentes estão interligados.

A declividade das vertentes e a distribuição das inclinações da superfície são de grande importância para analisar o balanço entre retirada de material erodido e deposição. O tamanho da declividade é favorável à energia potencial das águas pluviais para se transformar em energia cinética, contribuindo com a velocidade da água, e maior capacidade de erosão, modelando as formas do relevo e transportando os sedimentos. As áreas de maiores altitudes são sujeitas: às ações erosivas e à retirada de sedimentos pelo processo de morfogênese. Quanto mais elevada a declividade, maior a morfogênese.

Declividade refere-se à inclinação do relevo, a relação de diferença de altura entre dois pontos. Declividade e erosão do solo estão interligadas. De acordo com Crepani (2001, p. 75),

Quanto maior a declividade mais rapidamente a energia potencial das águas pluviais transforma-se em energia cinética e maior é, também, a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte, responsáveis pela erosão que esculpe as formas de relevo e, portanto, prevalece a morfogênese.

ROSS (1994) define as seguintes classes de declividade (Tabela 03):

Tabela 3 - Grau de declividade, segundo Ross (1994).

Graus de declividade	Classes (%)
1 - Muito fraca	< 6
2 - Fraca	6 a 12
3 - Média	12 a 20
4 - Forte	20 a 30
5 - Muito forte	>30

O território brasileiro da Região Norte, quando apresenta um alto índice pluviométrico e potencial erosivo, por causa das chuvas, contribue para a definição das Unidades Ecodinâmicas, baseando-se em dados das estações pluviométricas. Os processos erosivos nos declives e os assoreamentos dos vales no ramal da Água Preta/Areal foram desencadeados pelo desmatamento e extração excessiva de areia.

A vegetação determina o volume de precipitação que atinge a superfície inclinada, amortece o impacto das gotas de chuva, direcionando os escoamentos superficiais e fortalece o solo para resistir aos efeitos das forças erosivas (MOLINARI, 2007). A vegetação ajuda na estabilidade da paisagem.

Sendo assim, a erosão é um processo natural diretamente ligado a condicionantes naturais como: solo, relevo, cobertura vegetal e clima, podendo ter seus efeitos ampliados por algum evento ou ainda pela intervenção do homem (VIEIRA, 2008).

5.2 AS UNIDADES ECODINÂMICAS E A ESTABILIDADE AMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

O objetivo importante dos meios ecodinâmicos é entender bem a dinâmica dos sistemas ambientais naturais e classificar as unidades ecodinâmicas como as suscetibilidades da natureza em função dos riscos potenciais e a degradação ambiental.

Para Tricart (1977, p.32), “uma unidade ecodinâmica se caracteriza por certa dinâmica do meio ambiente que tem repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses”.

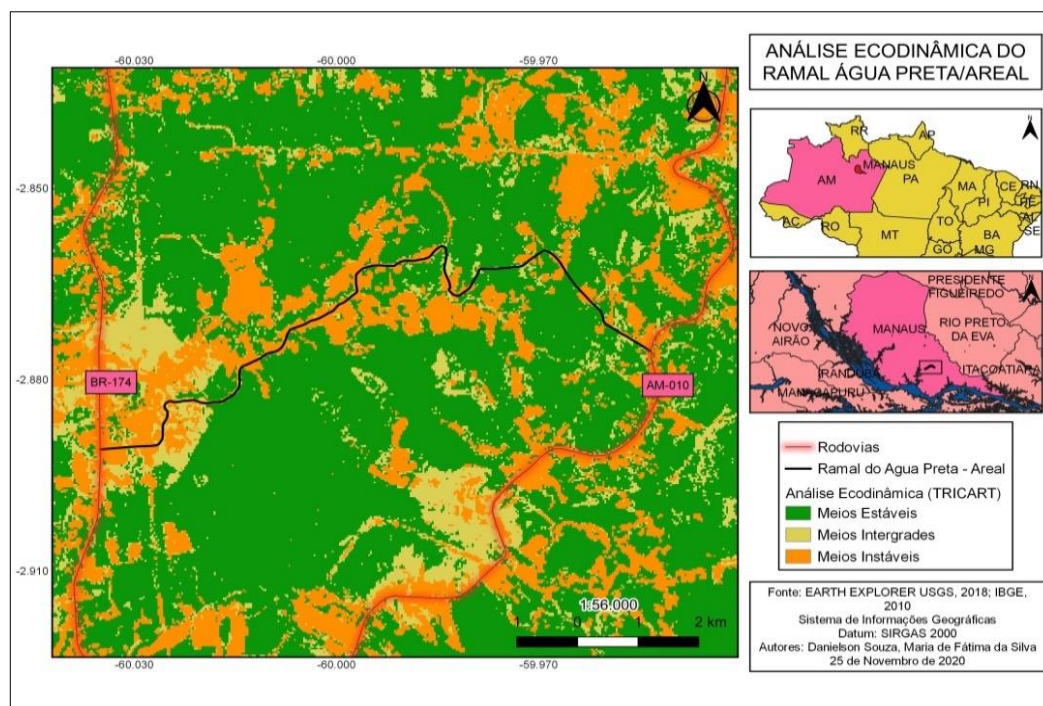
Diante do dinamismo das relações entre os elementos da paisagem e as intervenções humanas, Tricart (1977) estabeleceu três tipos de meios conhecidos como unidades ambientais: meios estáveis, meios intergrades e os fortemente instáveis. Sendo possível perceber a ação antrópica, o ser humano cria ambientes com sustentabilidade e ambientes insustentáveis.

Seguindo a mesma proposta metodológica, Ross (1990) define as unidades ecodinâmicas estáveis, os ambientes em seu estado natural e que mantém seu equilíbrio dinâmico. As unidades ecodinâmicas instáveis são caracterizadas por ambientes naturais que sofreram ou sofrem intervenções humanas. E os meios intergrades correspondem às áreas de transição entre os meios estáveis e instáveis.

Contudo, Lemos afirma que (2008, p.71), apesar de Tricart (1977) ter classificado três categorias ecodinâmicas sendo a categoria “intergrade” considerada de “transição”, esta foi excluída, por ser na prática muito difícil de estabelecer o que é um ambiente intergrade. Quando a instabilidade é fraca a pedogênese ganha vantagem e os termos de transição favorecem o meio estável. Quando a morfogênese é intensa, perturba a pedogênese e o meio torna-se mais instável.

Sendo assim, para auxiliar a referida análise das unidades ecodinâmicas do ramal da Água Preta/Areal, foi produzido um mapa temático (Figura 37), no qual apresenta a predominância de meios instáveis, significando que o balanço pedogênese-morfogênese encontra-se em desequilíbrio, prevalecendo na dinâmica natural a morfogênese.

Figura 37 - Mapa das Unidades Ecodinâmicas do Ramal Água Preta/Areal.



Para compreender a distribuição das unidades ecodinâmicas ao longo do ramal, dividimo-os em dois setores lineares, tendo como referência a voçoroca ($2^{\circ}51'$ de latitude e $59^{\circ}58'$ de longitude oeste) que divide o ramal da Água Preta e o ramal Areal. Assim, à jusante da voçoroca tem-se o setor ocidental, e à montante, o setor oriental (menor setor).

O setor ocidental, no sentido SW-NE, em direção a BR-174 (ramal Areal), tem as menores altitudes, entre 20 a 70 metros. Neste setor o ramal está paralelo ao igarapé do Leão, cortando os afluentes de 2ª ordem da margem esquerda. É um setor com meios ecodinâmicos instáveis, apresentando uma forte degradação ambiental pela prática de exploração de recursos mineral (areia), forte intervenção na cobertura vegetal, que afeta a pedogênese, os processos morfogênicos e as condições de escoamento de água nas vertentes (processos erosivos) e o fluxo de água dos igarapés (assoreamento e represamento).

Os locais de extração do arenito manaus abrangem o setor oriental e ocidental e encontram regeneração lenta. Esses fatores, em conjunto, afetam o equilíbrio ambiental, causando perda da biodiversidade, principalmente das campinaranas, e migração de animais. As rupturas ambientais causadas pelas ações antrópicas promoveram condições de forte instabilidade. Assim, as áreas de ocorrência dos meios instáveis estão no setor ocidental, no entorno às margens do ramal do Areal.

O setor oriental, no sentido SE-NW, estendendo-se da voçoroca até a AM-010 (ramal Água Preta), abrange as maiores altitudes, entre 70 a 120 metros. O corte do ramal está próximo às cabeceiras e encontra-se paralelo ao afluente da margem esquerda do igarapé do Leão, cortando seus subafluentes de 1ª ordem. Este setor, sob o ponto de vista morfodinâmico é um meio Intergrades.

Situado nos interflúvios tabulares, a cobertura vegetal apresenta-se suficientemente fechada em algumas partes, o relevo com moderada dissecação e os processos erosivos relativamente médios. O uso e ocupação do solo, em geral, são baixos. Porém, já existe em uma vicinal, um núcleo de ocupação desordenada nas proximidades, contribuindo para o desmatamento, poluição do ar através de queimadas constantes de madeira (carvão vegetal) e de produtos não identificados espalhando uma fumaça tóxica com cheiro de óleo diesel e borracha. O meio intergrades representa uma situação ecodinâmica intermediária entre os meios instáveis e estáveis.

O setor oriental está distribuído também no entorno dos meios instáveis, no entanto, corresponde às áreas com média perturbação ambiental. Devido a construção do ramal, o primeiro curso d'água (próximo a AM-010) foi assoreado e extinto, mesmo a nascente estando localizada em área de floresta, afetando os igarapés menores ao seu entorno.

O quadro 2 apresenta as características ecodinâmicas do ramal da Água Preta/Areal associando-as às fragilidades ambientais.

Quadro 2 - Características ecodinâmicas da paisagem do ramal da Água Preta/Areal, zona rural de Manaus.

Características geomorfológicas		Litologia dominante	Setores do ramal	Altitudes	Uso do solo e cobertura vegetal	Meios ecodinâmicos	Fragilidade ambiental
Unidade morfoescultural 2º táxon	Formas de processos erosivos atuais 6º táxon						
Planalto do Uatumã-Jari	Erosão laminar; Voçorocas; Erosão acelerada; Assoreamento; Ravinas.	Arenito Manaus da Formação Alter do Chão (Cretáceo)	Ocidental (Ramal Areal)	20 - 70 m	Lavras clandestinas de areia Extração de brita, a céu aberto, através de explosões Problemas no corpo estradal do ramal Sítios, chácaras, loteamentos Prática da agricultura de subsistência e comercial Assoreamento dos igarapés Bueiros inadequados, causando represamento do fluxo de água dos igarapés Falta de sistema de drenagem Impacto visual Fragmentos de habitats de terra firme Tráfego intenso de caçambas carregadas de areia Cavas abandonadas Descarte de lixo ao longo do ramal e nos igarapés Tanques para piscicultura nas cavas abandonadas Produção artesanal de carvão vegetal Vegetação de terra firme, incluindo campinarana degradada, buritizeiros nos fundos de vale e vegetação secundária. Solos degradados e exposição de rochas devido a extração de areia.	Fortemente instável e integrate	Alto a Muito Alto
			Oriental (Ramal Água Preta)	70 - 120 m	Problemas no corpo estradal do ramal Sítios, chácaras, loteamentos Prática da agricultura de subsistência e comercial Assoreamento dos igarapés Bueiros inadequados, causando represamento do fluxo de água dos igarapés Falta de sistema de drenagem Descarte de lixo ao longo do ramal e nos igarapés Vegetação de terra firme, floresta ombrófila, buritizeiros nos fundos de vale e vegetação secundária.	Intergrades	Médio a Alto

Organização: Maria de Fátima da Silva, 2020.

Assim sendo, as áreas em que predomina a pedogênese são consideradas estáveis e as que prevalecem os processos morfogenéticos são entendidas como instáveis, isso sob a perspectiva da ecodinâmica. Quando existe equilíbrio entre os dois processos, uma área de estabilidade intermediária é considerada intergrades. Através da pedogênese e da morfogênese, classifica-se o grau de estabilidade do meio ambiente, sendo a pedogênese considerada o critério de estabilidade na unidade ecodinâmica.

As Unidades Ecodinâmicas da paisagem do ramal da Água Preta/Areal, apresentam níveis diferentes de atuação da morfogênese e da pedogênese, bem como áreas de relevante alteração antrópica. No ramal do Areal, setor ocidental, predominam a morfogênese e os meios instáveis, em decorrência da ação erosiva, assoreamento dos cursos d'água, extração de areia e a descaracterização da paisagem através das ações antrópicas.

Porém, no setor oriental do ramal da Água Preta, em algumas partes em virtude da cobertura vegetal manter-se em estado de estabilidade e em outras as ações antrópicas, assoreamento, erosão, sendo caracterizado por um balanço entre as relações morfogenéticas e pedogenéticas, predomina os meios intergrades que é a passagem gradual entre os meios estáveis e os instáveis.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dessa pesquisa constatou-se uma série de processos de degradação ambiental ocorrendo simultaneamente nos diferentes ambientes que compõe o ramal da Água Preta/Areal, situado na zona rural de Manaus. A construção do ramal sem técnicas adequadas causou perturbações componentes ambientais.

As atividades humanas tendem a acelerar o processo de perda de condições de solo e erosões. Sendo o Amazonas um estado de clima quente e úmido, facilita os processos de erosões pluviais, causando um transtorno para os ramais de terra. O ramal da Água Preta/Areal, de acordo com a análise realizada, foi construído de forma aleatória e sem planejamento.

Diante disso, Ross (2014, p.15) afirma que "qualquer interferência na natureza, pelo homem, necessita de estudos que levem a diagnósticos, ou seja, a um conhecimento do quadro ambiental onde se vai atuar".

A ocupação da área é marcada pela exploração dos recursos e eliminação da vegetação, destacando-se as atividades de extração de "arenito Manaus" (hoje inativo) e de areia quartzosa.

Os problemas de erosões que ocorrem na área do ramal da Água Preta/Areal estão ligados à construção e manutenção do próprio ramal e à atividade antrópica, próximas aos cursos d'água. É necessário que as legislações vigentes sejam realmente eficazes, a fim de conter os desmatamentos para lavra de areia, as ocupações irregulares, minimizar a poluição dos corpos hídricos e a atividade de carvoejamento artesanal.

Os antigos moradores do ramal relatam que não sentem-se mais acolhidos, não tem mais conforto, porque perderam o "mundo vivido" para os ruídos das caçambas que carregam areias, o desmatamento, a poluição e a falta de balneabilidade nos igarapés. Segundo os moradores, um lugar antes pacato está se tornando perigoso. "Está chegando muita gente diferente, antes andava sozinho a qualquer hora, hoje não" (entrevista não-diretiva). Um lugar aprazível tornou-se desagradável.

As Unidades Ecodinâmicas da paisagem do ramal da Água Preta/Areal apresentam alterações antrópicas de diferentes níveis de atuação da morfogênese e da pedogênese. Em muitas áreas ainda existe cobertura vegetal e está em estado de estabilidade. Em outros locais, em decorrência da lavra de areia, da manutenção do ramal, seguida pela ação da erosão e assoreamento dos cursos d'água, associadas ao relevo e declividades mais acentuadas,

configuram áreas de acordo com o setor oriental em estado intergrades e setor ocidental instável.

Algumas áreas de extração de areias clandestinas estão ativas e outras abandonadas, em estado de transição, podendo vir a tornarem-se estáveis por conta da regeneração da cobertura vegetal.

A partir da análise do mapa temático, percebeu-se nitidamente a descaracterização do ambiente natural do ramal, devido à extração intensiva de areia e substituição por área de cultivo que gradativamente substituiu a vegetação de terra firme.

Como propostas mitigadoras para os problemas observados, podemos destacar as seguintes:

- a) Fiscalização pelos órgãos públicos para coibir a lavra clandestina de areia.
- b) Manter a preservação dos recursos, especialmente a vegetação, água e o solo, para reduzir os efeitos dos processos erosivos e o assoreamento dos cursos d'água. Muitas pessoas ainda tem o pensamento que os recursos naturais são inesgotáveis, principalmente a água.
- c) Melhorar as condições de rolamento do corpo estradal proporcionando mais segurança à trafegabilidade dos usuários.
- d) Aproveitar as riquezas naturais que o meio ambiente oferece, mas sem degradar.
- e) Instalar drenos de passagem onde os bueiros não foram capazes de proteger e dar vazão aos cursos d'água de modo adequado, para desobstruir a passagem da água.

7 REFERÊNCIAS

- ABREU, N. R. P. **Classificação de Unidades Ambientais na paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Sanabani, em Silves-Amazonas**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas. 2016, 106 folhas .
- ABREU, R. **Patrimônio Histórico e Cultural de Itacoatiara - Amazonas-Brasil**. Disponível em: www.profricardoabreu.blogspot.com. Acesso em: 16 set. 2019.
- AB'SÁBER, A. N. **A cidade de Manaus**. Geografia Urbana Boletim Paulista de Geografia. n. 15, outubro de 1953. Agron. Campinas, 9 (518), SP, p. 125-132.
- AB'SÁBER, A. **Amazônia Brasileira: um macro domínio**. Rio de Janeiro, Alumbamento, 1993.
- AB'SÁBER, A. **Domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ALBUQUERQUE, A. R. **Caracterização dos processos erosivos na Bacia do Leão - Manaus-AM**. Revista de Geografia da Universidade do Amazonas, v.1., n.1/2, jan./dez., 1999, p.1-14.
- ALBUQUERQUE, A. R. **Diagnóstico de risco erosivo na Bacia do Leão, Amazônia Central**. V Simpósio Nacional de Geomorfologia, I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia UFSM - RS, 2004.
- ALVES, M. A. N. **Características geotécnicas de estradas não pavimentadas do município de Bauru/SP**. Dissertação de mestrado. Michelle Aparecida Nicola Alves. Campinas, SP: 2009.
- ALVES, N.S; MOLINARI, D.C. **Expansão urbana e proteção ambiental: Reserva Particular do Patrimônio Natural Municipal (RPPN)**, Revista Eletrônica do Curso de Geografia, Campus do Jataí – GO, 2012.
- AMARAL, R. do; ROSS, J. L. S. **As Unidades Ecodinâmicas na Análise da Fragilidade Ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP**. GEOUSP Espaço e Tempo (online),(s. l), v.13, n. 2, p.59-78, 2009. DOI: 10.11606/issn.21790892. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/74128>- acesso em 27 dez. 2020.
- BAESSO, D.P.; GONÇALVES, F.L.R. **Estradas rurais: técnicas adequadas de manutenção**. Florianópolis, DER, 2003. 236p.
- BARROS, A. A. de O. *et al.* **Estudos e avaliação dos impactos ambientais ao longo das Rodovias BR-174, AM-240 e área urbana da cidade de Manaus**. Relatório de prática de campo apresentado ao programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Amazonas. Manaus: 2003. 60 p.
- BECKER, Bertha. **Revisão das Políticas de Ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários?** Revista Parcerias Estratégicas, n. 12, setembro, 2001.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico** (1971). Tradução: Olga Cruz. Editora UFPR. Revista Ra'Ega, n. 8, Curitiba, 2004. Pág. 141-152.

BERTONI, J.C.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícon, 1990.

BIGARELLA, J.J. & MAZUCHOWSKI, J. Z. **Visão integrada da problemática da erosão**. In: Livro guia do 3 Simpósio Nacional de Controle de erosão. Maringá: ADEA /ABGE, 1985.

BOTELHO, R. G. M; SILVA, A. S.; VITTE, A. C. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. Cap. 6, 2004 In: VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T. (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

BRASIL, Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Aprova o código florestal que com este baixa. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 09 de fev. 1934. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d23793.htm. Acesso em: 18 fev. 2020.

BRASIL. **Conselho Nacional de Meio Ambiente**. Resolução CONAMA 001/86.

BRASIL, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Diretoria de Engenharia Rodoviária. Divisão de Estudos e Projetos. Serviços de Estudos Rodoviários e Ambientais. **Manual Rodoviário de Conservação, Monitoramento e Controle Ambiental**. Rio de Janeiro, 1996.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes– DNIT. **Manual de Drenagem de Rodovias**. 2006. 337p.

BRASIL. Resolução 01.86 do CONAMA. Dispõe sobre impacto ambiental. **Legislação de Direito Ambiental**. São Paulo: Saraiva, 2011.

BRASIL, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 48 abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166- 67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 25 mai. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 18 fev. 2020.

CANON, J. C. **Novo estudo: impactos provocados por estradas vão além dos danos ambientais**. Traduzido por Isadora Veiga. Disponível em: <https://brasil.mongabay.com/artigo>. Acesso em: 08 jul. 2020.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Livros técnicos e científicos. Editora S.A. Rio de Janeiro, 1988.

CARDOSO, M. J. S. **Cartografia das atividades de extração de minerais utilizados na construção civil e qualificação do grau de degradação ambiental na Região de Manaus-AM**, 110p., 297mm (UnB IH-GEA, Dissertação de Mestrado em Geografia, 2008).

CARDOSO, T. Homenagem a Jean Tricart (1920-2003). Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 4, n. 2, p. 101-102 set. 2003. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/ugb/Revista/> Acesso em: 20 maio 2020.

CARVALHO, D. P.; MOLINARI, D.C. **Caracterização das voçorocas na BR-174: Trecho Manaus – Presidente Figueiredo (Amazonas)**. Rev. Geogr. Acadêmica, v.8, n.2 (XII, 2014). ISSN 1678-7226. Curitiba, 2014.

CARVALHO, D. P. **Ocorrências de voçorocas (Gullies) na Rodovia BR-174, Trecho Manaus- Presidente Figueiredo (AM): Gênese, morfologia e previsão de riscos**. Dissertação de Mestrado em Geografia, 2017.

CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia Prática**. CPRM e ELETROBRÁS. Rio de Janeiro, RJ. 384p. 1994.

CASARIN, R. D. **Controle de erosão em estradas rurais não pavimentadas, utilizando sistemas de terraceamento com gradiente associado a bacias de captação**. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Botucatu. 2008. 101f.

CEPA. Instituto de Planejamento e Economia Agrícola de Santa Catarina. **Avaliação do projeto de microbacias** – componente estradas. Florianópolis, SC. 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. **Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de Planejamento**. In: Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos, 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 472 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. v.1: canal fluvial. São Paulo: E. Blucher, 1981. 313 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Blucher, 2 ed., 1980. 14 reimpressão-2015.

COELHO NETTO, A. L. **Hidrologia de encostas na interface com a Geomorfologia**. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. da. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, criado pela Lei Federal nº 6.938/81, é o órgão colegiado brasileiro responsável pela adoção de medidas de natureza consultiva e deliberativa acerca do Sistema Nacional do Meio Ambiente-(Resolução do CONAMA n. 001 de 23/01/86). Disponível em: <https://www.mundovestibular.com.br/> Acesso em: 27 março 2019.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Programa Geologia do Brasil. Levantamento de Geodiversidade. **Geodiversidade do Estado do Amazonas**. MAIA, M.A.M; MARMOS, J. L. (org.). Manaus, AM. 2010.

CREPANI, E. *et al.* Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. Anais. INPE, 2001. 123 p.

CRUZ, Adriano Vidigal da. Pós-graduação (mestrado) em Engenharia Civil. **Estradas vicinais: abordagem pedológica, geotécnica, geométrica e de serventia de dois trechos rodoviários não pavimentados no campo da UFV-Viçosa, MG**, 2005.

CUNHA, M.C.; THOMAZ, E.L.; VESTENA, L.R. **Medidas de controle de erosão em estradas rurais na Bacia do Rio das Pedras, Guarapuava-PR**. In: Soc. & Nat., Uberlândia, 25 (1): 107-118, jan/abr/2013.

CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. (Orgs). **Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações**. 6 ed., Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

DAEMON, R.F. **Contribuição à datação da Formação Alter do Chão, Bacia do Amazonas**. Revista Brasileira Geociências. 5:58-84. São Paulo, 1975.

DIRANE, A. C.M. **Mapeamento das áreas de risco a voçorocamento e caracterização geoambiental da rodovia AM-010 Manaus/Itacoatiara – AM**. Dissertação de Mestrado em Geografia – UFAM, 2016.

DIAS JUNIOR, G.D.B.; PALARO, Kleber L. **Avaliação da necessidade de readequação de estradas rurais: estudo de caso em trecho de estrada não pavimentada no município de Pato Branco (PR)**. 2014, 106 pág. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2014.

DNER. **Manual de projeto de pavimentos flexíveis**. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. 1981.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2005). **Manual de Conservação Rodoviária**. Publicação IPR – 710, DNER, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 564 p.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2006). **Manual de Drenagem de Rodovias**. 2. ed. Publicação IPR-724, Rio de Janeiro, Brasil, 337 p.

DNIT. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2013). **Relatório dos Levantamentos Funcionais das Rodovias Federais**. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/>. Acesso em: 16 jan. 2020.

DURANGO, D. **A Colônia Japonesa Efigênio Sales (série 1960)**. Disponível em: <http://idd.org.br/a-colonia-japonesa-efigenio-sales>. Acesso em: 28 jul. 2020.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Belém-PA). **Avaliação da aptidão agrícola do Município de Silves – Estado do Amazonas**. Belém, 2003.

EMBRAPA, Amazônia Ocidental - **Deteção de mudanças na cobertura vegetal na cidade de Manaus**. Parte de livro. 2005. Disponível em: <https://www.embrapa.br>. Acesso: 01 jun. 2020.

ERENO, D. **Pau-rosa nº 5**. Revista Fapesp. N .111, mai. 2005. Disponível em: revistapesquisa.fapesp.br/pau-rosa-n5. Acesso em: 10 ago. 2020.

FATTORI, B. J. **Manual de Manutenção de Estradas de Revestimento**. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) - Departamento de Simples Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2007.

FISCH, G.; MARENGO, J.; NOBRE, C. **Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia**. Acta Amazônica, INPA-Manaus, Brasil, v. 28, n.2, p. 101-126, 1998.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3ª ed. São Paulo: Editora Oficina das Letras, 2007.

FORTES, M. R. **Diagnóstico Morfodinâmico aplicado ao Planejamento Ambiental da Microbacia Hidrográfica do rio Puraquequara**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Manaus: UA/ICHL, 2000. 122 p.

FRANCO, M.R.S. **Formação de ravinas: significância para a perda de solo por erosão hídrica**. Dissertação de mestrado em Gestão de Recursos Florestais. Escola Superior de Agrária de Bragança, 2015.

GOMES, E. **Terra dos barés e dos igarapés**. Revista de divulgação científica do INPA: Mudanças climáticas e malária: o que muda na Amazônia. Agosto de 2010, n. 5, ano 2.

GOMES, G.M.; VERGOLINO, J.R. **Trinta e cinco anos de crescimento econômico na Amazônia (1960-1995)**. Brasília: IPEA, 1997.

GONÇALVES, J.L.M.. **Conservação do solo**. In: Gonçalves, J.L.M., Stape, J.L. (Eds.) Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. Piracicaba-SP, IPEF, 2002, p. 47-129.

GONÇALVES, L. F. H; GUERRA, A. J. **Movimento de massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro)**. In: Impactos ambientais urbanos no Brasil. 2 ed., Rio de Janeiro: Bertrand, 2004, 416 p.

GRIEBELER, N. P. **Modelo para o dimensionamento de redes de drenagem e de bacias de acumulação de água em estradas não pavimentadas**. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa. 2002. 134p.

GRIEBELER, N. P.; PRUSKY, F. F.; SILVA, J. M. A.; RAMOS, M. M.; SILVA, D.D. **Modelo para a determinação do espaçamento entre desaguadouros em estradas não pavimentadas**. R. Bras. Ci. Solo, n.29, p.397-405.2005.

GRIEBELER, N. P.; PRUSKI, F. F.; SILVA, J. M. A. Controle da erosão em estradas não pavimentadas. p. 166-215. In: PRUSKY, F. F. Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. 2 ed.. Editora UFV. 2009. 279p.

GUERRA, A.J.T. **Processos erosivos nas encostas**. In: GUERRA, A. J.T.; CUNHA, S.B. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994-1998.

GUERRA, A.T; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Bertrand Brasil. 1997.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. **Erosão dos solos e a questão ambiental**. In GUERRA, A. J. T.; VITTE, A. C. (Orgs). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2004.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro. Editora Bertrand Brasil, 2008.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M. GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos Solos**. 10ª ed. Rio de Janeiro: Editora: Bertrand Brasil. 2015.

IBGE. **Geografia do Brasil**. Unidade de Relevo. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Manuais Técnicos em Geociências. n. 5, 2 ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

IBGE. **Geociências – Informações Ambientais**. 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais>. Acesso em ago. 2020

IBGE. **Estado do Amazonas: Geomorfologia**. Escala: 1:250.000, 1 ed., Bahia: IBGR, 2010. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/geomorfologia.html>. Acesso em 14 jan. 2020.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Manuais Técnicos em Geociências. n. 1, 2 ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE. FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. n. 7, 3. ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

IBGE. **Brasil em números**. Brazil in figures. Transportes (p. 323 a 330) Rio de Janeiro. Brasil. IBGE. v. 27, 2019. 480 p.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. **Estradas Vicinais de Terra: Manual Técnico para Conservação e Recuperação**, 2 ed. São Paulo, 1988, 125 p. Pesquisa CNT de rodovias 2016: relatório gerencial. 20. ed., Brasília: CNT: SEST: SENAT, 2016. 399 p

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Manual de geotecnia: taludes de rodovias: orientação para diagnóstico e soluções de seus problemas**. São Paulo, 1991.

LEMO, A. I. G.; ROSS, J. L. S.; LUCHIARI, A. (Org.) **América Latina: Sociedade e Meio Ambiente**. 288p. Editora Expressão Popular. 2008.

LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p.341-364.

LIBAULT, A. **Os quatro níveis da pesquisa geográfica**. In: Métodos em questão. São Paulo: USP/IG, 1971. (Figura 1- adaptado por Mircia Ribeiro Fortes, 2019).

LIMA, D. C.; RÖHM, S. A.; BUENO, B. S. **Tópicos em estradas**. Viçosa-MG: UFV, 1985, 116p. (Publicação, 205).

LIMA, M. N. S. **Classificação ecodinâmica das unidades de paisagem na área de preservação ambiental das onças, no município de São João do Tigre/PB**. Dissertação de Mestrado em Geografia, UFPB/CCEN, 2013, 134 p.

MARTINS JÚNIOR, O. P. **A verdadeira história da Vaca Brava e outras não menos verídicas**. Goiânia: E. Kelps /UCG, 2008.

MOLINARI, D. C. **Dinâmica erosiva em cicatrizes de movimento de massa – Presidente Figueiredo (Amazonas)**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2007.

MOLINARI, D. C. **Hidrologia, processos erosivos e movimentos de massa**. In.: ALBUQUERQUE, A. R. C. (Org.). Contribuições teórico-metodológica da Geografia Física. Editora da Universidade Federal do Amazonas (EDUA). Manaus, 2010.

MORAES, S. S. M. **Estudo de Impacto Ambiental e gestão de trechos rodoviários urbanos em áreas de dunas: Análise do prolongamento da Av. Prudente de Moraes, Natal/RN**. Orientador: Prof. Dr. Enilson Medeiros dos Santos. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2004, 193p.

NOGUEIRA, R. J. B. **Amazonas: a divisão da “monstruosidade geográfica”**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2007.

NUNES, T. V. L. **Método de previsão de defeitos em estradas vicinais de terra com base no uso das redes neurais artificiais: Trecho de Aquiraz-CE**. Dissertação de Mestrado, Programa de Mestrado em Engenharia de Transporte, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2003, 118 fls.

OLIVEIRA, J. A. **Cidades na Selva**. Manaus: Editora Valer, 2000.

OLIVEIRA, J. A. **Manaus de 1920 – 1967: a cidade doce e dura em excesso**. Manaus: Ed. Valer, 2003.

OLIVEIRA, J. F. *et al.* **Erodibilidade e tensão crítica de cisalhamento em solos de estradas não pavimentadas**. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient., v. 13, 2009.

OLIVEIRA, J. M. **Ecodinâmica e vulnerabilidade ambiental da zona estuarina do Rio Zumbi, litoral oeste do Ceará**, Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Geografia)-Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciência e Tecnologia. Fortaleza-CE, 2011, 87 p.

OLIVEIRA, M. A. T.; MEIS, M. R. M. **Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas**. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. Erosão e conservação dos solos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

OLIVEIRA, M. A. T. **Processos Erosivos e Preservação de Áreas de Risco de Erosão por Voçorocas**. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Eds.). 7 ed., Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. p. 57-94.

PANAZZOLO, A. P. *et al.* **Gestão ambiental na construção de rodovias - O caso da BR-448 - Rodovia do Parque**. In: 3 Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 2012, Bento Gonçalves. Anais, 2012.

PIRES, F. R. M. **Arcabouço Geológico**. In: Geomorfologia do Brasil. CUNHA, S.B.; GUERRA, A.J.T. (Org.). Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 1988, p.17-69.

RIBEIRO, A. **O que é assoreamento?** Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br>. Acesso em: 29 jul. 2020.

RODRIGUES, F. L.; CAVINATTO, V. M. **Lixo: de onde vem? Para onde vai?**. 2 ed., Reform. São Paulo: Moderna, 2003.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: UFU, 2007.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e planejamento**. 9 ed., 1 reimpressão, São Paulo: Contexto, 2014 (Repensando a Geografia).

SANT'ANNA, J. A. **Rede básica de transportes na Amazônia**. Brasília: IPEA, junho de 1998.

SANTORO, P.; PINHEIRO, E. (Org.) **O município e as áreas rurais**. São Paulo, Instituto Pólis, 2004, 64 p. (Cadernos Pólis, 8).

SANTOS, A. R. **Bueiros de drenagem: análise da viabilidade de passagem de peixes**. Dissertação de mestrado em Engenharia Civil. Belo Horizonte, 2017. 137p.

SANTOS, F. M. M. S; ALVES, N. S. A. **Análise das ações antropogênicas nas bacias hidrográficas urbanas no Município de Manaus-Am: um estudo de caso na Bacia Hidrográfica do Bindá**. Encontro de geógrafos da América Latina, Peru, 2013.

SANTOS, M. M. C. **Análise geomorfológica da região entre os municípios de Itacoatiara, Silves e Itapiranga, nordeste do Estado do Amazonas**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Ciências Exatas. Departamento de Geociências – UFAM, 2006.

SÁNCHEZ, L. E. **As etapas iniciais do processo de avaliação de impacto ambiental**. In: GOLDENSTEIN, S. *et al.* Avaliação de impacto ambiental. São Paulo: Secretaria de Meio Ambiente, 1999.

SARGES, R.R.; SILVA, T.M.; RICCOMINI, C. **Caracterização do relevo da região de Manaus, Amazônia Central**. Brasília: Revista Brasileira de Geomorfologia, v.12, n.1, p.95-104, 2011.

SEIXAS, S. S. G. **O uso e a ocupação da terra e a fisionomia da paisagem dos sistemas hídricos da terra firme da Área de Proteção Ambiental de Nhamundá no Amazonas**. 2018.

SILVA, F. G. **Itacoatiara**: Roteiro de uma cidade. Edições Governo do Estado do Amazonas-Manaus. 1965. p. 131 a 134.

SILVA, F. G. **AM-1**: A pioneira. 02 set. 2015. Disponível em: www.franciscogomesdasilva.com.br. Acesso em: 28 jul. 2020.

SILVA, J. R. C. **Análise dos Impactos Ambientais Ocasionalmente pela Extração de Recursos Minerais na área do Igarapé do Mariano, Município de Manaus-AM**. Dissertação de Mestrado em Geociências, UFAM- 2005.

SILVA, Maycon P.; SILVA, Denise S. **Avaliação de impactos ambientais em projeto rodoviário urbano**: estudo de caso Americana/SP. Revista Ciência e Tecnologia UNISAL. v. 16, n. 28/29, 2013.

SIMONETTI, Henrique. **Estudos de Impactos Ambientais gerados pelas Rodovias**: Sistematização do processo de Elaboração de EIA/RIMA. Trabalho para diplomação- Departamento de Engenharia Civil. UFRS. Porto Alegre, 2010.

SIOLI, H. **Amazônia**: Fundamentos da Ecologia da maior região de Florestas Tropicais. Trad. J. BECKER. Vozes, Petrópolis 1985. 72 p.

SIOLI, H. **Amazônia**: Fundamentos da Ecologia da maior região de Florestas Tropicais. 3 ed. Rio de Janeiro: Vozes, 1991. 72 p.

TOPODATA.2000. Disponível em: <https://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Recursos Naturais do Meio Ambiente. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977. 97 p.

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

THOMAS, C. A. **Pavimentação de estradas vicinais**. Associação Brasileira de Cimento Portland, São Paulo – SP, 1984, 58p.

USGS. **Earth Explore**. 2018. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>

VIEIRA, A.F.G. **Desenvolvimento e distribuição de voçorocas em a Manaus (AM)**: principais fatores controladores e impactos urbanos ambientais. Florianópolis/SC, 12 de dezembro de 2008. Tese de Doutorado na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia.

WATHERN, P. An introduction guide to EIA. In: WATHERN, P (Org.) **Environmental Impact Assessment theory and practice**. Unwin Hyman, London, 1988. p. 3-30

WINGE, M. **Glossário Geológico**. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/glossario/>. Acesso em: 15 jan. 2019.