



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ALANA PEREIRA INÁCIO

**DOS SISTEMAS AMBIENTAIS Á GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS: FLORESTAS
E CAMPOS FERRUGINOSOS EM CARAJÁS, PA**

FORTALEZA

2023

ALANA PEREIRA INÁCIO

DOS SISTEMAS AMBIENTAIS À GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS: FLORESTAS E
CAMPOS FERRUGINOSOS EM CARAJÁS, PA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Dinâmica territorial e ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva
Coorientador: Profa. Dra. Maria Rita Vidal

FORTALEZA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- I32s Inácio, Alana Pereira.
Dos sistemas ambientais á geoecologia das paisagens : florestas e campos ferruginosos em Carajás,
PA. / Alana Pereira Inácio. – 2023.
100 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação
em Geografia, Fortaleza, 2023.
Orientação: Prof. Dr. Edson Vicente da Silva.
Coorientação: Profa. Dra. Maria Rita Vidal.
1. Carajás. 2. Floresta Amazônica. 3. Paisagem. 4. Planejamento Ambiental. I. Título.
- CDD 910
-

ALANA PEREIRA INÁCIO

DOS SISTEMAS AMBIENTAIS É GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS: FLORESTAS E
CAMPOS FERRUGINOSOS EM CARAJÁS, PA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Dinâmica territorial e ambiental.

Aprovada em: 29/05/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Edson Vicente da Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dra. Maria Rita Vidal (Coorientadora)
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA)

Prof. Dr. Abraão Levi dos Santos Mascarenhas
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA)

Prof. Dr. Francisco Davy Braz Rabelo
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA)

Prof. Dr. Antonio Jeovah de Andrade Meireles
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, pelo amor e empenho de tornar a educação a nossa maior fonte de conhecimento, por acreditarem e investirem nos nossos sonhos. A vocês minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS

Acredito que ninguém consegue nada sozinho, por isso, não me faltam nomes para agradecer. Mesmo em período pandêmico em que parte dessa dissertação foi elaborada, longe da universidade, dos colegas que fiz, sinto-me feliz em poder dizer que cheguei até aqui com a ajuda de algumas pessoas.

Em primeiro lugar agradeço a Deus, por seu amor e graça que me alcançam todos os dias, me permitindo viver e realizar os sonhos que tanto almejo. Pela força que recebi nos dias ruins, que me ajudou a ficar de pé diante de todas as adversidades que enfrentei.

À minha família, meus pais (Júlia e Edivan) e irmãs (Lorena, Flávia e Sortênia), que são o meu porto seguro, me incentivam e motivam diariamente. A vocês, todo o meu amor. Agradeço por todo auxílio e colo nos momentos que pensei em desistir.

Ao meu orientador professor Edson Vicente (Cacau), que mesmo de longe sempre esteve presente nas orientações, transmitindo seus conhecimentos na sua forma humana de pensar e de ver o mundo.

À Rita, minha coorientadora e amiga que tive a sorte de conhecer ainda na graduação, e que a parceria se estendeu para a pós, sempre esteve presente sugerindo e apontando caminhos. Levarei sempre comigo todos os seus ensinamentos e a forma leve que tanto preza ao fazer ciência.

Aos colegas de turma Jack e Lídia, que foram parceiros nas construções dos trabalhos durante e após as disciplinas. Camila e Fábio, por todas as boas conversas nas reuniões da comissão de publicações, e também pelo compartilhamento de informações e participações em trabalhos. Foi um prazer conhecer vocês.

À Andreana e Jil, amigas/irmãs que agradeço pela amizade e parceria de anos, pelo auxílio nos materiais cartográficos e por todos os momentos de alegria que partilhamos juntas ao longo desses anos.

Aos professores Ernane Cortez e Davy Rabelo por aceitarem fazerem parte da banca de qualificação e por terem feitos sugestões valiosas para a melhora do trabalho.

Ao ICMBio por meio do Programa de Voluntariado pela oportunidade de conhecer as unidades de conservação através das imersões realizadas, me permitindo aprender e repassar os meus conhecimentos.

À FUNCAP (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico) pela bolsa concedida para que esta pesquisa fosse realizada.

No mais, agradeço a todos!

“{Eu} pensava que nós seguíamos caminhos já feitos, mas parece que não os há. O nosso ir faz o caminho”.

C.S. Lewis

RESUMO

A Floresta Nacional de Carajás (FLONA) e o Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (PARNA) são unidades de conservação federais, sendo a primeira de uso sustentável e a segunda de uso integral, que estão situadas no sudeste do Pará, na região de Carajás. Em ambas, os maciços residuais florestais são em geral bem conservados, possuindo alto grau de especialização e riquíssimo patrimônio espeleológico. Com o predomínio de formações florestais e formações abertas três sistemas ambientais compõem essas unidades: Sistemas florestais, sistemas fluviais e sistemas ferruginosos, estes que são marcados por paisagens singulares e uma heterogeneidade ambiental. Por ser um ambiente que abriga atributos ambientais únicos, o que os coloca no patamar de importância pelos seus recursos minerais, as atividades desenvolvidas vêm causando progressivas transformações na paisagem, o que demanda amplos esforços de conservação ambiental. Diante disso, objetiva-se nesse trabalho estabelecer a síntese geocológica, com o intuito de elencar a importância dos sistemas ambientais da Flona de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos. A pesquisa apoiou-se nos aportes metodológicos do planejamento ambiental, sustentado em uma concepção geocológica. Por este fim, foi utilizado como base as fases do planejamento ambiental proposta por Rodriguez e Silva (2018), com as seguintes fases de investigação: organização e inventário, análises, diagnóstico e prognóstico. Fez-se uso das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para a realização dos materiais cartográficos. Como resultados da análise foram delimitadas 5 unidades geocológicas: Patamares e encostas com Floresta Ombrófila Densa, Patamares e encostas com Floresta Ombrófila Aberta, Platô com Campo Rupestre Arbustivo, Platô com Campo Rupestre Herbáceo e Planície fluvial Itacaiúnas/Parauapebas. A delimitação e caracterização dessas unidades permitiram entender as funções particulares que asseguram a estrutura e funcionamento da paisagem, e também elaborar um diagnóstico ambiental integrado em que através dele pode-se constatar que em função das formas de uso e ocupação do solo, algumas unidades vêm sendo impactadas, o que demanda ações que levem a gestão e ao ordenamento do território. Por fim, o estudo compõe uma contribuição inicial para a área, esta que deve ser expandida e aprofundada. O estudo que foi pautado na geocologia das paisagens apresenta novas perspectivas para Carajás, podendo assim subsidiar estudos futuros.

Palavras-chave: Carajás; floresta amazônica; paisagem; planejamento ambiental.

ABSTRACT

The Carajás National Forest (FLONA) and the Campos Ferruginosos National Park (PARNA) are federal conservation units, the first being for sustainable use and the second for full use, which are located in southeast of Pará, in the Carajás region. In both, the residual forest massifs are generally well preserved, with a high degree of specialization and a rich speleological heritage. With the predominance of forest formations and open formations, three environmental systems make up these units: Forest systems, fluvial systems and ferruginous systems, which are marked by unique landscapes and environmental heterogeneity. Because it is an environment that harbors unique environmental attributes, which places them it on the level of importance for its mineral resources, activities that has developed has been causing progressive transformations in the landscape, which demands extensive efforts of environmental conservation. In this way, the aim of this work is to establish the geocological synthesis in order to list the importance of environments systems of the Flona de Carajás and the Parna the Campos Ferruginosos. The research is based on the methodological contributions of the environmental planning, based on a geocological conception. To sum up, it will be used as basis the phases of environmental planning proposed by Rodriguez and Silva (2018) with the following investigation phases: organization and inventory, analyses, diagnosis and prognosis. Remote sensing and geoprocessing techniques were used to obtain cartographic materials. As a result of the analysis, 5 geocological units were delimited: Landings and slopes with dense ombrophylous forest, Landings and slopes with open ombrophylous forest, Plateau with shrubby Rupestrian Fields, Plateau with herbaceous rupestrian field and Itacaiúnas/Parauapebas river plain. The delimitation and characterization of these units allowed us to understand the particular functions that ensure the structure and functioning of the landscape, and also elaborate an integrated environmental diagnosis in which through it can be seen as depending on the forms of use and occupation of the soil, some units have been impacted, which demands actions that lead to the management and territory plannig. Finally, the study makes up an initial contribution to the area, which should be expanded and deepened. The study that was based on the geocology of landscapes presents new perspectives for Carajás, thus being able to subsidize future studies.

Keywords: Carajás; Amazon rainforest; landscape; environmental planning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Fases do planejamento ambiental aplicado ao estudo geocológico.....	28
Figura 2	– Numeração dos corpos de cangas, Floresta Nacional de Carajás.....	38
Figura 3	– Aspectos gerais das minas N5 e S11D em funcionamento em Carajás.....	38
Figura 4	– Núcleo urbano, BioParque Vale e Aeroporto de Carajás.....	39
Figura 5	– Formas do relevo no Parna dos Campos Ferruginosos, PA.....	46
Figura 6	– Rio Parauapebas e drenagem nas cavernas.....	55
Figura 7	– Aspectos hídricos de Carajás.....	56
Figura 8	– <i>Ipomoea Cavalcantei</i> e <i>Ipomoea Marabaensis</i>	61
Figura 9	– Cavernas ferríferas no Parna dos Campos Ferruginosos.....	63
Figura 10	– Floresta Ombrófila Densa com seus patamares e encostas, Floresta Nacional de Carajás, PA.....	68
Figura 11	– Patamares e encostas com Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Nacional de Carajás- PA.....	69
Figura 12	– Rio Parauapebas e Itacaíunas, Floresta Nacional de Carajás, PA.....	70
Figura 13	– Aspectos do Campo Rupestre Herbáceo na estação chuvosa, Floresta Nacional de Carajás, PA.....	71
Figura 14	– Aspectos do Campo Rupestre Herbáceo, Floresta Nacional de Carajás, PA.....	72
Figura 15	– Aspectos do Campo Rupestre Arbustivo, Floresta Nacional de Carajás, PA.....	73
Figura 16	– Perfil geocológico da paisagem da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos, PA.....	74
Figura 17	– Arara Azul, Gavião Real e Onça Pintada, Floresta Nacional de Carajás.....	75

Figura 18 – Circuitos de trilhas na Floresta Nacional de Carajás, PA.....	76
Figura 19 – Mirante Natural da Harpia, Parna dos Campos Ferruginosos.....	77
Figura 20 – Cachoeiras em Carajás: Será que Volta, de Inverno e Águas Claras.....	77
Figura 21 – Campos Rupestres e caverna Janela Verde.....	78
Figura 22 – Formas de usos e ocupação das unidades geoecológicas da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos, PA.....	81
Figura 23 – Impactos ambientais no Mosaico de Carajás, PA.....	83
Figura 24 – Perfis topográficos da estrutura da paisagem da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos.....	86
Figura 25 – Síntese das funções geoecológicas.....	87

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Precipitação anual acumulada na região de Carajás nos anos de 1986 a 2021.....	53
Gráfico 2 – Distribuição do percentual das unidades geológicas da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Categorias de unidades de conservação no Estado do Pará.....	35
Tabela 2 – Sistemas ambientais na Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos e suas métricas.....	65

LISTA DE MAPAS

Mapa 1	– Localização do mosaico de unidades de conservação e da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos.....	41
Mapa 2	– Geologia da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos.....	44
Mapa 3	– Geomorfologia da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos.....	47
Mapa 4	– Hipsometria da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos.....	49
Mapa 5	– Declividade da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos.....	51
Mapa 6	– Hidrografia da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos.....	54
Mapa 7	– Solos da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos.....	58
Mapa 8	– Tipos de Vegetação da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos.....	60
Mapa 9	– Densidade de cavernas da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos.....	62
Mapa 10	– Unidades geoecológicas da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos.....	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Água
APA	Área de Proteção Ambiental
ARIE	Área de Relevante Interesse Ecológico
ASF	Alaska Satellite Facility
CANIE	Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas
CHIPS	Climate Hazards Group Infrared Precipitation with station data
CNUC	Cadastro Nacional de Unidade de Conservação
COEX	Cooperativa de extrativistas de Carajás
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESEC	Estação Ecológica
FLONA	Floresta Nacional
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MONAT	Monumento Natural
PARNA	Parque Nacional
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PGC	Projeto Grande Carajás
RDS	Reserva de Desenvolvimento Sustentável
REBIO	Reserva Biológica
RESEX	Reserva Extrativista
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
RVS	Refúgio da Vida Silvestre
SCP	Plugin Semi-Automatic Classification
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
UC	Unidade de Conservação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	Abordagem sistêmica na ciência geográfica	23
2.2	Geocologia e os estudos de paisagem	25
2.3	Sistemas ambientais - Aspectos Conceituais	27
3	PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E METODOLÓGICOS DA PESQUISA	28
3.1	Fase de Organização e Inventário	29
3.2	Fase de Análise	31
3.3	Fase de Diagnóstico e Prognóstico	32
4	UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E A PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO NATURAL NO BRASIL	33
4.1	Categorias das unidades de conservação brasileiras	33
4.2	Unidades de conservação no estado do Pará	34
5	CONDIÇÕES GEOECOLÓGICAS DE CARAJÁS	37
5.1	Aspectos gerais da área e do seu entorno	37
5.2	Contexto Geoecológico	42
5.2.1	<i>Aspectos Geológicos e Geomorfológicos</i>	42
5.2.2	<i>Hipsometria e Declividade</i>	48
5.2.3	<i>Clima e Hidrografia</i>	52
5.2.4	<i>Solos e Vegetação</i>	56
5.2.5	<i>Fauna e Flora</i>	61
6	UNIDADES GEOECOLÓGICAS DE CARAJÁS: SÍNTESE E DIAGNÓSTICO	64
6.1	Sistemas Ambientais e Unidades Geoecológicas	64
6.1.1	<i>Patamares e encostas com Floresta Ombrófila Densa</i>	67
6.1.2	<i>Patamares e encostas com Floresta Ombrófila Aberta</i>	68
6.1.3	<i>Planície fluvial Itacaiúnas/Parauapebas</i>	69
6.1.4	<i>Platô com Campo Rupestre Herbáceo</i>	70
6.1.5	<i>Platô com Campo Rupestre Arbustivo</i>	72

6.2	Potencialidades e limitações.....	75
6.2.1	<i>Potencial Natural e Paisagístico.....</i>	75
6.2.2	<i>Potencial Turístico e Científico.....</i>	77
6.3	Formas de usos e problemas ambientais da paisagem.....	79
6.4	Enfoque estrutural e funcional da paisagem.....	84
7	PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL	88
7.1	Proposições para as unidades delimitadas.....	88
7.2	Proposições de estudos futuros para Carajás.....	89
7.2.1	<i>Estudos sobre a interligação da área com Corredores Ecológicos.....</i>	89
7.2.2	<i>Estudos de Capacidade de Carga.....</i>	90
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
	REFERENCIAS.....	93

1 INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira constitui um imenso patrimônio de terras e de capital natural, ocupando uma área em torno de 7 milhões de km², correspondentes a cerca de 40% da América do Sul (BARBOSA, 2015). Tal fato a coloca em destaque devido a continuidade de suas florestas, pela grandeza de sua rede hidrográfica e também pela variação de seus ecossistemas em nível regional e de altitude (AB'SABER, 2003). Trata-se então, da maior reserva de biodiversidade do mundo, tendo influência decisiva no clima do Brasil e do planeta, pois tem a capacidade de absorver e armazenar dióxido de carbono, realizando serviços ecológicos essenciais para a manutenção do clima (BARROSO; MELLO, 2020).

No entanto, a pressão humana em larga escala sobre os recursos amazônicos, atrelado com o avanço da urbanização e com a implantação de grandes projetos de desenvolvimento tem sido um dos fatores de devastação ambiental, que tem deixado um número considerável de áreas alteradas e degradadas (VIEIRA *et al.*, 2008). Esse modelo de desenvolvimento, baseado na extração predatória dos produtos florestais causam a fragmentação da região e ameaçam os sistemas ambientais.

Essa realidade se estende para a Amazônia oriental, no sudeste do Pará, na região de Carajás, na qual os projetos minero-metalúrgicos visando extrair as reservas de minério de ferro vem ocasionando conflitos pelo uso do solo e levando a impactos negativos. A agricultura e agropecuária se expandiram na região, provocando mudanças e causando elevadas taxas de desmatamento (FONSECA; LINDOSO; BURSZTYN, 2022).

Uma das mais importantes áreas dessa região é a Serra de Carajás pelo fato de conter as mais importantes jazidas de minério de ferro de alto teor do mundo (CIRNE; GIACOMAZZI, 2021). Inserida no domínio fitogeográfico da Amazônia, a mesma é um complexo montanhoso que é composta por um *continuum* florestal existente na base, com a presença de florestas ombrófilas sempre verdes de terras firmes, e nos altos da serra com um dos tipos mais raros de campos ferruginosos, que se destaca em meio a vasta paisagem regional (VIANA *et al.*, 2016; AB'SABER, 1986).

Seus atributos ambientais a colocam no patamar de importância pelos seus recursos minerais, e também pela a variedade de suas espécies arbóreas que chamam atenção da grande indústria madeireira (FREITAS, 1986). Estando localizada em *hotspots* mundiais de diversidade (SOUZA e CARMO, 2015), a Serra de Carajás é constituída por paisagens diferenciadas representadas por enclaves ou de exceção e detém espécies raras da flora e fauna, sítios espeleológicos, beleza cênica e recursos hídricos, fazendo parte das áreas definidas pelo Ministério do Meio Ambiente como áreas prioritárias para a conservação da

biodiversidade (MMA, 2018).

Em parte desse complexo montanhoso está um conjunto de áreas protegidas, e entre elas está a Floresta Nacional de Carajás (FLONA) e o Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (PARNA), que é uma área de sobreposição criada com intuito de resguardar amostras de “canga” que são bem representativas na região. Em ambos, os maciços residuais florestais são em geral bem conservados possuindo alto grau de especialização e riquíssimo patrimônio espeleológico (ICMBio, 2017).

A Floresta Nacional de Carajás e o Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, são unidades de conservação federais, sendo a primeira de uso sustentável e a segunda de uso integral e são reconhecidas como áreas de elevada biodiversidade, em uma região marcada por dinâmicas sociais e econômicas aceleradas e complexas, atividade de mineração em larga escala e amplos esforços de conservação ambiental (MARTINS; CARVALHO; RIBEIRO, 2018).

Com o predomínio de formações florestais e formações abertas três sistemas ambientais compõem essas unidades: Sistemas florestais, sistemas fluviais e sistemas ferruginosos, estes que são marcados por paisagens singulares e uma heterogeneidade ambiental. Desses sistemas, é indiscutível a importância da preservação e conservação das florestas para a manutenção dos serviços ambientais ou funções geológicas (VIDAL; MASCARENHAS, 2019: 2020).

Indiscutível também é a preservação dos Campos Rupestres (sistemas ferruginosos), composto por uma complexa evolução de superfícies mais antigas do planeta (CARMO; KAMINO, 2015), na sua característica mais marcante é a cobertura laterítica, denominada de “canga”. Por concentrarem-se em áreas com elevado predomínio de ferro, essas paisagens sofrem constante pressão devido a demanda elevada por este e outros minerais, o que progressivamente tem ocasionado a degradação da geodiversidade existente nesses locais (RUCHKYS *et al.*, 2018).

A extração de minério de ferro na região, tem inserido impactos ambientais significativos aos sistemas florestais, fluviais e ferruginosos de Carajás, o que tem gerado dificuldades na conciliação entre a preservação e o desenvolvimento econômico, sendo um desafio que perdura por anos. A importância da manutenção das florestas e de áreas endêmicas como os campos rupestres, em seus mais diversos aspectos, já é bastante conhecida pela ciência. Algumas áreas dos sistemas ferruginosos são consideradas importantes centros de diversidade biológica e mineralógica (JACOBI *et al.* 2007; GIBSON *et al.* 2010; GIBSON *et al.* 2012; PEPPER *et al.* 2013).

Na tentativa de amenizar os impactos provocados pela intensa exploração dos recursos minerais nos sistemas ambientais de Carajás foram estabelecidas condicionantes ambientais para subsidiar estratégias de preservação, conservação e recuperação, através de unidades de conservação (UCs) que resguardavam áreas ao entorno dos grandes empreendimentos minerários. Com isso, surgiu o conjunto de áreas protegidas de Carajás, que comporta a maior área contínua de floresta amazônica do sudeste do Pará com aproximadamente 1,2 milhões de hectares (VIEIRA *et al.*, 2018, p. 451).

Dado a importância das paisagens de Carajás, sendo esta uma região de interesses econômicos e, conseqüentemente, grandes conflitos entre demandas regionais e internacionais que refletem o padrão de desenvolvimento para a Amazônia brasileira (MELLO-THÉRY, 2011), surgiu o principal questionamento da pesquisa: Qual a importância da conservação e preservação da biodiversidade e geodiversidade dos sistemas ambientais da Floresta Nacional de Carajás e do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, diante da pressão antrópica em que essas paisagens se inserem?

Face a problemática, o objetivo geral deste trabalho versa sobre:

- Estabelecer a síntese geocológica com o intuito de elencar a importância dos sistemas ambientais da Flona de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos.

Os objetivos específicos:

- Identificar e descrever os condicionantes geocológicos da paisagem da Flona de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos;
- Delimitar e caracterizar as unidades geocológicas da Flona de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos;
- Realizar a síntese funcional e estrutural da paisagem que compõe a Flona de Carajás e o Parna dos Campos Ferruginosos, visando proposições de gestão ambiental.

A criação do conjunto de UCs concentradas no sudeste do Pará é uma estratégia para manutenção da atividade de mineração, embora essa “ilha preservada de floresta” sirva como um cinturão de proteção, a mesma é de grande importância para perpetuação do imenso patrimônio natural que existe. Atualmente, esse conjunto de UCs é o único remanescente do que foi, outrora, a floresta amazônica, apesar de numerosos problemas (MELLO e THÉRY, 2009).

Mediante a importância da floresta amazônica com seus refúgios, os estudos integrados sobre a paisagem e seus elementos constituintes se tornaram imprescindíveis para a

difusão do conhecimento sobre a região, para definir estratégias de conservação e preservação com medidas de mitigação, a fim de que haja uma boa gestão dos recursos naturais presentes nessas paisagens.

A Geoecologia das Paisagens será o arcabouço teórico e metodológico para análise, diagnóstico e proposições de usos e ocupação para a área de pesquisa. Dessa forma, o entendimento do funcionamento da estrutura da paisagem, será realizado através do método sistêmico, no qual pode-se analisar a paisagem como um sistema integrado que se relaciona e se intercomunica entre seus elementos e componentes (VIDAL, 2014, VIDAL e SILVA, 2021).

Com o intuito de cumprir os objetivos expostos, este trabalho está organizado em oito capítulos, estruturados da seguinte forma: O primeiro capítulo trata da introdução estabelecendo os objetivos, problemática, hipóteses e justificativas. O segundo capítulo aponta para as bases teóricas que irão embasar todo o trabalho, através da Geoecologia das Paisagens que parte de uma visão integrada dos elementos naturais. Em seguida, o terceiro capítulo é composto dos procedimentos metodológicos apoiados nas etapas do planejamento ambiental proposto por Rodriguez e Silva (2018).

No quarto capítulo foi realizada reflexões sobre a importância da criação e implementação das unidades de conservação na região sudeste do Pará, com panorama geral de como se deu a criação das unidades de conservação, dando ênfase à gestão do Mosaico Carajás, com o desafio de conciliar a conservação com as atividades de mineração.

O quinto capítulo versa sobre as condições geoecológicas de Carajás, que faz parte da primeira etapa do planejamento ambiental, tratando da fase de inventário para conhecer todos os aspectos gerais e caracterizar os principais condicionantes da área como geologia, geomorfologia, clima, hidrologia, solos e cobertura vegetal. Essa fase foi essencial para embasar as etapas de análise e diagnóstico.

No sexto capítulo foi realizada a delimitação e caracterização das unidades geoecológicas com a determinação dos sistemas ambientais, também foi abordado sobre os impactos ambientais provocados pelo uso do solo nas paisagens das unidades estudadas. No sétimo capítulo, foi realizado propostas de gestão ambiental. E por fim, no último capítulo foram apresentadas as principais conclusões que se obteve na pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente estudo é baseado no enfoque sistêmico e comporta a base geocológica da paisagem com seus fundamentos e aplicabilidades. Nessa perspectiva, este capítulo se propõe apresentar a base conceitual adotada e discorrer sobre os seus termos, através de uma caracterização geográfica para embasar a pesquisa.

2.1 Abordagem sistêmica na ciência geográfica

A busca pela compreensão das coisas e dos fenômenos que ocorrem no universo advém desde a antiguidade, com os pensadores Aristóteles, Platão e Sócrates, que na tentativa de entender o mundo criaram teorias para explicar os acontecimentos e os fenômenos da natureza. Contudo, com a chegada do Iluminismo, tendo René Descartes como figura principal, atribuiu novas características a ciência, como a valorização da razão, o que levou a chamada abordagem cartesiana ou mecanicista (ABREU, 2005).

Preconizando a razão e a análise de dados essa abordagem teve grandes protagonistas como Galileu Galilei, Francis Bacon, René Descartes e Isaac Newton (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003). A mesma se apoiava no pressuposto de dividir para conhecer, ou seja, esse pensamento entendia as partes separadamente para compreender o todo, o que fez com que o pensamento cartesiano não conseguisse explicar a realidade na sua totalidade (LIMBERGER, 2006).

Assim, a abordagem sistêmica se desenvolveu com Ludwing Von Bertalanffy na década de 1930 com a Teoria Geral do Sistemas, baseada numa visão diferente do reducionismo constituindo a base metodológica do que hoje é conhecido como pensamento sistêmico. O mesmo propunha uma epistême complexa ao buscar uma linguagem científica única, capaz de englobar todos os campos do conhecimento (BERTALANFFY, 1973).

Desde então os fenômenos passaram a ser analisados em suas particularidades, e a definição de sistema foi elaborada por vários autores. Para Bertalanffy (1973, p.38) “o sistema é um conjunto de elementos em interação, que pode ser entendido pela a sua totalidade”. Esse pensamento tem uma base conceitual simples que implica em ver as coisas como um todo, fornecendo conceitos comuns para todas as ciências no sentido de compreender a realidade (RODRIGUEZ e SILVA, 2018).

Como afirmou Bertalanffy (1973, p. 83), “o todo é mais do que a soma das partes, consiste simplesmente em que as características constitutivas não são explicáveis a partir das características das partes isoladas”.

Ao definir o que é sistema, Christofletti (1990, p.22) afirma que “sistema é uma unidade integrada composta por diversos elementos que se expressam na estrutura espacial,

que interagem pelos fluxos de matéria e energia”. O funcionamento e a interação entre tais elementos são resultantes da ação conjunta, que mantêm a dinâmica e as relações entre eles.

Enquanto que Tricart (1977, p. 19), ao estudar a noção de ecossistema adota o conceito sistêmico, no qual o denomina como “um conjunto de fenômenos que evoluem a partir de fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos”. A concepção sistêmica para ele é o melhor instrumento lógico disposto para estudar o meio ambiente, devido ser dinâmico e permitir uma visão integrada dos conhecimentos anteriormente isolados.

O sistema possui algo mais do que seus componentes considerados de maneira isolada ou justaposta: - sua organização; - sua própria unidade global, o todo e, - as qualidades e propriedades novas emergindo da organização e da unidade global (MORIN, 2003, p. 136), a integração entre os componentes do sistema acontece por meio dos fluxos de informação, matéria e energia.

O sistema é ainda considerado como uma unidade regulada em um ou em outro grau que se manifesta mediante categorias sistêmicas, como: estrutura, elemento, meio, relações, intensidade, etc. Rodriguez, Silva e Cavalcante (2022, p. 43), definem sistema como o “conjunto de elementos que se encontram em relação entre si, e que formam uma determinada unidade e integridade”, ou como um “todo complexo, único, organizado, formado pelo conjunto ou combinação de objetos ou partes”.

A abordagem sistêmica na geografia serviu para dar foco aos estudos e auxiliar no melhor delineamento e exatidão aos estudos das Ciências Geográficas (CHRISTOFOLETTI, 1979). Foi introduzida por diversos autores, com trabalhos voltados, sobretudo, para a área de geomorfologia. Destaca-se os trabalhos de Strahler (1950) Culling (1957), Hack (1960), Chorley (1962), Howard (1965), Chorley e Kennedy (1971).

Contudo, vale destacar que a relação integrada da sociedade e da natureza já era vista por alguns naturalistas como Alexandre Von Humboldt (1769-1859), Karl Ritter (1779-1859) e Vidal de La Blache (1845-1918), que admitiam que o ser humano e a natureza caminhavam juntos e de forma integrada (VIDAL, 2014).

Como uma maneira de realizar pesquisas em Geografia Física, apoiado na abordagem sistêmica, adotou-se o estudo de geossistemas (LINBERGER, 2006). O estudo dos geossistemas proporcionou uma base para uma abordagem sistêmica nas áreas estudadas pela geografia, que compreende o estudo da paisagem através de um olhar sistêmico. Criador do conceito e da teoria dos geossistemas, Sotchava (1977, p. 09) diz que os geossistemas são “formações naturais experimentando, sob certa forma, o impacto dos ambientes social,

econômico e tecnogênico”.

Troppmair (2004, p. 102) assegura, por outro lado, que o geossistema compreende “um espaço que se caracteriza pela homogeneidade dos seus componentes, suas estruturas, fluxos e relações que, integrados, formam o sistema do ambiente físico e onde há exploração biológica”. No geossistema todos os componentes individuais da natureza estão em uma relação sistêmica entre si e com as esferas cósmicas e a sociedade humana, na qual é diferenciado de acordo com a sua dimensão, peculiaridades e circulação de substâncias.

A introdução do conceito de geossistema, pelos geógrafos soviéticos, permitiu recompor e revitalizar o campo da Geografia Física. Assim, tanto as teorias geossistêmicas e sistêmicas aplicadas em estudos sobre os ambientes físicos e naturais se valem de um rico arcabouço teórico metodológico para desvendarem as nuances do objeto de investigação no campo da geografia (FUINI, 2011).

2.2 Geoeologia e os estudos de paisagens

A Geoeologia das Paisagens tem sua gênese nos trabalhos de Dokuchaev no final do século XIX, que utilizando a abordagem ecológica da paisagem visava analisar o uso da natureza tendo em consideração a relação do homem e a sociedade (RODRIGUEZ e SILVA, 2018). Carl Troll na década de 1930 apresenta as bases da Geoeologia das Paisagens como uma disciplina integradora e holística, que objetivava realizar a análise da paisagem.

Fundamentando-se no conceito de ecossistema para estudar as questões relacionadas ao uso da terra por meio de fotografias aéreas e interpretação das paisagens, em 1939 Troll cunhou o termo de Ecologia da Paisagem com a intenção de incentivar a colaboração da Geografia e Ecologia (NUCCI, 2007). No entanto, esse termo foi rebatizado em 1966 como Geoeologia das Paisagens, pois Troll considerava que a Geoeologia conjugava duas abordagens, a da paisagem e a abordagem biológica – ecológica, se tornando assim uma eco ciência complexa sobre a terra e da vida que nela se desenvolve (RODRIGUEZ e SILVA, 2018, p. 82).

A Geoeologia das Paisagem se torna uma ciência que estuda os complexos territoriais, naturais e antropogênicos da terra, dedicando-se as características, aos estudos e aos processos dos elementos da natureza e da sociedade. Como uma abordagem favorece também a ocorrência de estudos científicos contemporâneos, que dão conta de oferecer subsídios metodológicos e procedimentos técnicos na análise do meio natural.

É concebida como um sistema de conceitos formados por uma tríade: paisagem natural, paisagem social e paisagem cultural e se baseia na noção de paisagem natural como conceito básico, passando a se sustentar em postulados teóricos e metodológicos sistêmicos,

hierarquizados e temporais, características que marcam a chamada abordagem geográfica da paisagem.

O enfoque sistêmico é a base para a análise geocológica das paisagens, que tem o caráter de uma concepção metodológica, elaborada sobre a base da estruturação dos princípios filosóficos dialético-materialistas, visto que consegue realizar uma análise integrada da realidade estudada, incluindo seus objetos, propriedades, fenômenos, relações e problemas (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTE, 2022).

A paisagem enquanto conceito sistêmico revela-se de acordo com as concepções de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022, p. 20), como um “conjunto interrelacionado de formações naturais e antroponaturais, um sistema que produz serviços e recursos naturais, um meio de vida e da atividade humana, fonte de percepção estética e cultural, genética e laboratório natural.

De acordo com Vidal, Mascarenhas e Silva (2022), os estudos geocológicos são fundamentados na noção de padrões ambientais que dinamizam os processos geocológicos. Nesse viés, a paisagem passa a ser lida como um sistema (geossistema) que detém funcionamento próprio. No estudo do geossistema, o conceito de paisagem é uma categoria de análise, sendo o geossistema um modelo teórico da paisagem.

Sendo assim, a base metodológica utilizada nesta abordagem para conhecer a gênese, desenvolvimento e diferenciação da paisagem é a análise histórico-natural. A partir desta análise é possível explicar a estrutura da paisagem, suas propriedades, dinâmica, processos de formação e estado geocológico.

Entre os caminhos adotados nas pesquisas geocológicas para explicar a estrutura e a funcionalidade da paisagem por meio de suas propriedades, se destaca a compartimentação da paisagem a partir de diferentes escalas (regional ou local), por meio da regionalização e da tipologia. A regionalização se faz pela compartimentação de uma área, a partir da análise, classificação e cartografia dos complexos físico-geográficos individuais, tanto aqueles ainda naturais, como os já modificados pela atividade humana, enquanto que a tipologia é um procedimento científico que consiste em determinar o sistema de divisão territorial dos objetos semelhantes ou análogos de acordo com determinados traços comuns (RODRIGUEZ; SILVA e CAVALCANTI, 2022).

Para tanto, a investigação geocológica da paisagem contribui para o estudo da gênese e organização paisagística e ainda avaliação do potencial das paisagens, que inclui a tecnologia de utilização das paisagens e a análise de alternativas.

2.3 Sistemas ambientais: Aspectos Conceituais

Os sistemas ambientais representam entidades organizadas na superfície terrestre e a sua organização está vinculada com a estruturação e funcionamento dos seus elementos, e em virtude disso, constituem exemplos de sistemas espaciais complexos. Até certo ponto, são conceitos semelhantes aos de geossistemas espaciais. Pode-se tratar de pelo menos seis categorias operacionais de sistemas ambientais, que são as seguintes: Ecossistema, Geossistema, Sistema Socioambiental, Sistema Econômico-ambiental, Sistema Cultural-ambiental e Sistema Antropoecológico ou Ecossistema Humano. Estes podem ser divididos em dois grupos de sistemas: Os ambientais naturais que compreendem o ecossistema e geossistema e os humanos que compreende o restante (RODRIGUEZ e SILVA, 2018).

Christofoletti (1999, p. 37), afirma que os sistemas ambientais físicos representam a organização espacial resultante da interação dos elementos e componentes físicos da natureza (clima, topografia, rochas, água, vegetação, animais, solos) possuindo expressão espacial na superfície terrestre.

Para Amorim (2012, p. 98)

A aplicação do conceito de sistemas ambientais e o estudo dos seus subsistemas subsequentes objetivam análises integradas do ambiente, servindo de subsídio para a compreensão da sua estrutura, funcionalidade e organização/desorganização. É uma das aplicações que mais se fundamentam nesta perspectiva de análise da realidade para os estudos de Planejamento Ambiental.

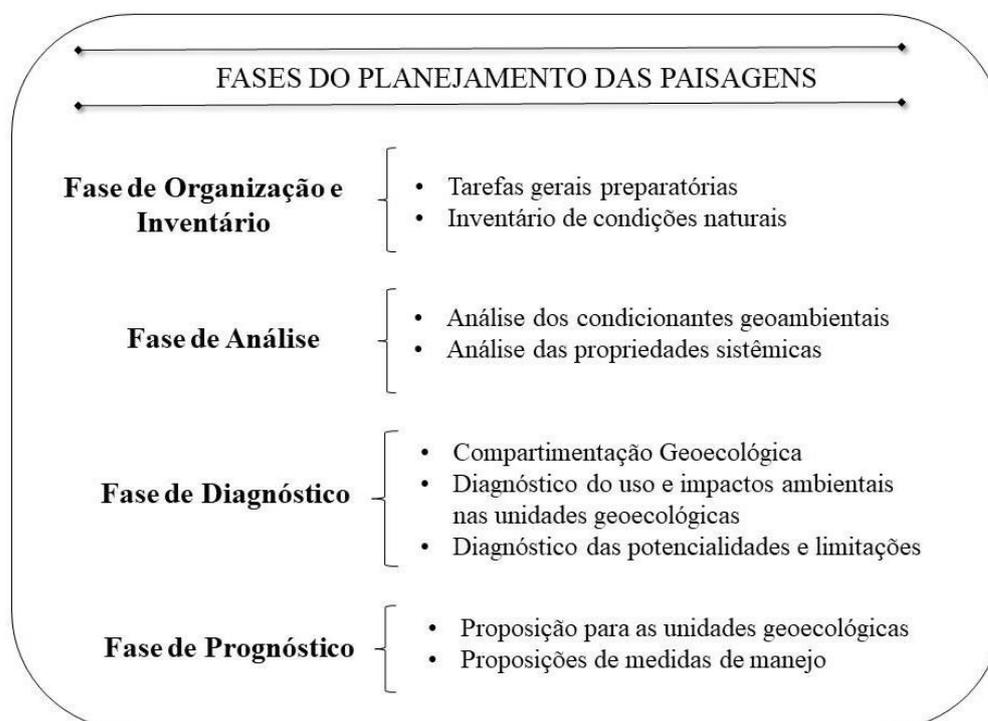
Os sistemas ambientais são constituídos por elementos físicos e biológicos e são analisados sob a perspectiva geográfica. O estudo deles fornece elementos para o conhecimento da estrutura e funcionamento da natureza, tornando possível a proposição de estratégias de planejamento racional do uso do solo de determinados locais.

3 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS E METODOLÓGICOS DA PESQUISA

O Planejamento Ambiental com foco na abordagem das paisagens tem sido um trabalho teórico e metodológico fundamental e destinado a informar a gestão do ambiente, por meio de um conjunto de métodos e procedimentos utilizados para instituir uma organização espacial das atividades humanas, em particular das paisagens, onde consiga assegurar a gestão e o manejo da biodiversidade e a preservação das funções básicas das paisagens que sustentam a vida (RODRIGUEZ e SILVA, 2018). Atrelado com a Geoecologia das Paisagens tem-se então o objetivo de pensar o espaço natural considerando a relação existente entre as partes e os elementos do conjunto de determinadas áreas.

A pesquisa apoia-se nos aportes metodológicos do planejamento ambiental, sustentado em uma concepção geoecológica. Por este fim, será utilizado como base as fases do planejamento ambiental proposta por Rodriguez e Silva (2018) com as seguintes fases de investigação: organização e inventário, análise, diagnóstico e prognóstico. Essas fases são bem explicitadas na figura 1.

Figura 1: Fases do Planejamento Ambiental aplicado ao estudo geoecológico.



Fonte: Adaptado de Rodriguez e Silva (2018)

Todas essas fases deram subsídios para a análise integrada do objeto de estudo em escalas, regional e local. O levantamento dos condicionantes ambientais, compartimentação ambiental, identificação de impactos ambientais e proposições de medidas de manejo fizeram

parte do conjunto de procedimentos e técnicas que estabeleceram uma boa investigação sobre o meio natural.

Os estudos geoecológicos e o planejamento ambiental nas paisagens da Flona de Carajás e Parna dos Campos Ferruginosos foram realizados em escala de nível regional, objetivando testar a viabilidade dessa abordagem em áreas com maior nível de detalhamento, segue as etapas metodológicas de execução da pesquisa:

3.1 Fase de Organização e Inventário

A fase de organização é a primeira etapa da pesquisa, consistindo na preparação e organização do trabalho, nesta fase foi realizada a definição dos objetivos, justificativas, as bases teóricas e metodológicas utilizadas e a delimitação da área de estudo.

Na fase de inventário foi realizado o levantamento das condições naturais para a caracterização geral do território estudado. Ocorreu também a revisão bibliográfica referente à temática abordada, na qual buscou-se publicações no Portal de Periódicos da Capes, no repositório da Universidade Federal do Ceará (UFC) e em revistas científicas. Em seguida foi efetuado o levantamento das informações das bases de dados sobre os aspectos naturais com a finalidade de conhecer a realidade físico-natural da área, como geologia, geomorfologia, hipsometria, declividade, clima, drenagem, solos e vegetação para produzir as bases cartográficas.

Para a produção dos mapas base com os principais condicionantes, foram adquiridos *shapefiles* em instituições de pesquisa oficiais. Na escala de 1:250:000 no site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) foram adquiridos dados vetoriais de geologia, geomorfologia, vegetação e solos. No site do MMA (Ministério do Meio Ambiente) foi realizado o download do limite da área de estudo, na ANA (Agência Nacional de Água) das bacias hidrográficas, no CNUC (Cadastro Nacional de Unidades de Conservação) foi consultado os dados de unidades de conservação no Brasil e no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) foram baixados a base de dados das cavernas do Brasil. Todos eles foram sistematizados e trabalhados no programa QGIS 3.22 no sistema de coordenadas UTM com o Datum SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) / zona 22S. As classes de solos foram caracterizadas de acordo com a classificação da EMBRAPA (2018), e as feições geomorfológicas de acordo com o manual de geomorfologia do IBGE (2009).

No site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (U.S Geological Survey), foram obtidas as imagens digitais *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) do ano de 2000, com resolução de 30 metros para a elaboração dos mapas de hipsometria e declividade. Neste

mesmo site obteve-se a imagem Landsat 8, sensor OLI-LANDSAT 8 (bandas 2, 3, 4, 5, 6, 7) correspondente ao ano de 2021 com resolução espacial de 30 metros para a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo. Procurou-se fazer o download da imagem que possuísse a menor cobertura de nuvens possível. Para a análise da dinâmica da cobertura e uso do solo da área foi usado o *Plugin Semi-Automatic Classification (SCP)* um complemento desenvolvido para o QGIS que possibilita a classificação pixel a pixel semiautomática ou supervisionada das imagens, capturadas por diversos sensores/satélites. O tipo de classificação mais adequado ao contexto deste estudo foi a do tipo supervisionada, em que forneceu amostras das classes espectralmente representativas buscando o máximo de homogeneidade possível.

No site da *Alaska Satellite Facility (ASF)* foram baixadas imagens do Alos sensor Palsar com resolução de 12,5 m do ano de 2006, para a composição do Modelo Digital de Elevação (MDE). Todos os mapas foram sobrepostos ao MDE para evidenciar o relevo acentuado do local, a partir dele também foram construídos os perfis topográficos com as principais unidades geocológicas.

Obteve-se ainda uma coleção de imagens do satélite CHIRPS (*Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data*) que se encontra disponibilizada na plataforma online “Google Earth Engine”, através da camada “UCSB-CHG/CHIRPS/DAILY”, estas fornecem estimativas dos acumulados de precipitação com base na integração de imagens de satélites e estações de superfície. Com cobertura quase global (latitude 50° N-S), o CHIRPS obtém dados de precipitação com alta resolução espacial, de aproximadamente 5 km.

As imagens foram utilizadas para compor uma série histórica de dados de 35 anos (1986 a 2021) médios de precipitação anual, que foram transformados em gráficos pluviométricos para subsidiar a caracterização pluviométrica. Os dados incompletos das estações meteorológicas próximas ao local de estudo não permitiram mostrar dados de temperatura, umidade relativa do ar, entre outras variáveis climáticas.

Todos os dados cartográficos produzidos em gabinete foram averiguados em trabalhos de campo, realizados em 2022. A primeira atividade de campo ocorreu no final do período chuvoso (primeiro semestre) para fazer o reconhecimento da área de estudo, identificação dos sistemas ambientais e obtenção de pontos de GPS. Foi inicialmente percorrido parte dos campos rupestres, observando as fitofisionomias, aspectos ambientais e as formas de uso, logo após visitou-se o Bioparque Vale Amazônia.

A segunda atividade de campo ocorreu no segundo semestre de 2022, na estação seca, servindo para os registros fotográficos da paisagem das diferentes fitofisionomias, dentre elas as áreas de florestas, de campos rupestres e de lacustres, observando e identificando os

problemas ambientais existentes em cada uma delas. Com base no que foi observado em campo e com o auxílio das imagens de satélites e dos mapas elaborados em escala regional, foi elaborado o mapa de unidades geológicas levando em consideração o enfoque tipológico, com a diferenciação da altimetria, vegetação e geomorfologia. Para cada unidade foram delimitadas as unidades funcionais, o que deu base para a composição do diagnóstico da Flona de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos.

3.2 Fase de Análises

A fase de análise foi baseada na fase anterior, e consistiu em analisar as propriedades sistêmicas (estruturais, funcionais, evolutivas e integradoras das unidades geológicas delimitadas). Para realizar a análise das propriedades das unidades naturais para a determinação da estrutura, funcionamento, dinâmica e evolução da paisagem da área foi necessária a investigação dos documentos pertencentes ao local de estudo, que foi possível através da análise da base bibliográfica e cartográfica.

Analisaram-se os decretos de criação da Flona de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos, com o foco nas justificativas de criação, objetivos e as principais restrições impostas para os usos e a ocupação. Outro documento analisado foi o Plano de Manejo da Flona de Carajás de 2016.

Com a finalidade de esclarecer a organização da paisagem, as análises foram feitas a partir dos mapas de condicionantes, o que nos levou a composição do mapa de unidades geológicas por meio da distinção de três sistemas ambientais, que agrupam as características da área: Sistema Florestal, Sistema Fluvial e Sistema Ferruginoso.

- Sistema florestal – Agrupa elementos que interagem de forma integrada representados por: umidade, biomassa, evapotranspiração, quantidade de luz, profundidade dos solos etc.
- Sistema fluvial – Um sistema aberto que interage com diversos componentes como precipitação, evapotranspiração, sedimentos etc.
- Sistema ferruginoso – Representado por elevadas temperaturas, solos concrecionados e rasos, mais luz e endemismo.

Desde os sistemas delimitados e caracterizados, 5 unidades de paisagem foram definidas: (1) Patamares e encostas com Floresta Ombrófila Densa (2) Patamares e encostas com Floresta Ombrófila Aberta (3) Platô com Campos rupestres arbustivo (4) Platô com Campo rupestre herbáceo (5) Planície Fluvial Itacaiúnas/ Parauapebas.

Com o mapa das unidades foi possível verificar a estrutura da paisagem que se apresenta em três tipos caracterizados por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022) como:

estrutura vertical, horizontal e funcional. No mapa foi estabelecida a função prioritária que cada unidade desempenha dentro do sistema, classificadas em três classes de unidades funcionais: acumuladoras, emissoras e transmissoras, para representar as relações e propriedades do sistema estudado.

Para a identificação dos impactos ambientais nas unidades foi levado em consideração a síntese dos aspectos do uso e ocupação do solo e suas consequências. A elaboração do perfil geocológico foi decorrente das informações compiladas e reuniu a distribuição dos componentes da estrutura horizontal e vertical das unidades geocológicas. Os perfis topográficos foram construídos a partir do mapa de elevação em que foi traçado um transecto de uma extremidade a outra, em seguida o perfil foi reajustado para poder ser editado. Para composição dos perfis, usou-se o editor de gráficos Inkscape (Open Source – versão 1.2.2).

3.3 Fase de Diagnóstico e Prognóstico

Na fase de diagnóstico esclareceu-se o estado em que se encontravam os sistemas ambientais, como resultado das formas de uso, ocupação e utilização dos recursos e serviços ambientais. Tal diagnóstico, teve como base as unidades geocológicas identificadas, delimitadas e caracterizadas através de levantamentos realizados em campo.

Para determinação do diagnóstico, seguiram-se as seguintes etapas, em conformidade com Rodriguez e Silva (2018): identificação de problemáticas e degradação ambiental, análise dos impactos ambientais com seus efeitos e consequências, bem como a compatibilidade entre usos e potências das paisagens. Através do levantamento de campo e do mapa de uso e ocupação do solo foi possível identificar os principais usos, os impactos, efeitos e consequências ambientais que atingem cada unidade geocológica, elencando ainda as principais atividades econômicas e socioeconômicas relevantes, dentre as quais destacam-se a mineração e o extrativismo. Foram detalhadas as principais problemáticas que acometem as unidades, como o desmatamento, queimadas, pesca ilegal, caça ilegal, agropecuária etc.

A fase propositiva corresponde às propostas ou projeções que podem ser realizadas para sugerir formas de usos e exploração dos sistemas ambientais para assim projetar a sua organização espacial. A forma de organização do modelo de ordenamento ambiental pode ser desenvolvida mediante o desenvolvimento de princípios de uso e de gestão ambiental, elaboração de instrumentos, políticas, formas de regulação, de intervenção e mecanismo de gestão ambiental etc., (RODRIGUEZ e SILVA, 2018).

Nessa fase foi levado em consideração todas as informações obtidas nas fases anteriores para embasar a construção de proposições de manejo para as unidades, a fim de contribuir para o planejamento ambiental.

4 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E A PRESERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO NATURAL NO BRASIL

4.1 Categorias das unidades de conservação brasileiras

A preocupação em proteger áreas naturais para a conservação da biodiversidade não é recente. A humanidade a milhares de anos reconhece valores especiais a serem protegidos em determinados sítios geográficos, desde o sagrado (MEDEIROS, 2003).

A proteção da natureza é um dos desafios mais antigos das sociedades humanas, as civilizações do Oriente, os assírios, como, por exemplo, antes mesmo do nascimento de Cristo já estabeleceram reservas na Europa Medieval, o rei designava um local delimitado para os animais viverem em harmonia com a natureza e qualquer pessoa que tentasse entrar no local era condenada à morte. Outras civilizações como os Incas, no Peru, também impuseram limites físicos para a caça de determinadas espécies. A Índia também estabeleceu áreas protegidas há mais de um século (MORSELLO, 2001).

No Brasil, a Coroa Portuguesa empreendeu grandes esforços no sentido de proteção, gestão e controle de determinados recursos naturais, principalmente os que mais lhe interessavam em termos econômicos, ações essas que tem seu surgimento ainda no período colonial (SANTOS, 2011).

Contudo, o histórico da criação de áreas protegidas remonta à instituição do Parque Nacional de Yellowstone, em 1872 nos Estados Unidos. Conforme Morsello (2002), desde a criação de Yellowstone até 1994 mais de 8.500 áreas protegidas foram estabelecidas em todo o mundo.

Motivados por iniciativas dos Estados Unidos, vários países aderiram ao processo de criação de parques e outras áreas protegidas, inclusive o Brasil. Inspirado nesta iniciativa, André Rebouças fez a proposta de criação em 1876 de dois parques nacionais a Ilha do Bananal e uma grande área entre as Cataratas de Guairá e as de Foz do Iguaçu, mas não obteve êxito nessas indicações, pelo menos a princípio (SANTOS, 2011).

No entanto, data de 1937 a criação do primeiro parque nacional brasileiro: o Parque Nacional de Itatiaia no Estado do Rio de Janeiro (COSTA, 2002). A partir desse ano até 1939 foram sendo estabelecidas áreas protegidas de acordo com sua beleza cênica, como foi o caso dos Parques Nacionais do Itatiaia, da Serra dos Órgãos e do Iguaçu, que eram administrados pelo Serviço Florestal do Ministério da Agricultura.

Como consequência, outras Unidades de Conservação são gradativamente criadas no

país, surgindo assim a necessidade de organização e estruturação das mesmas. Sendo assim, houve esforços para a elaboração das etapas do Plano do Sistema de Unidades de Conservação do Brasil, culminando depois de vinte anos na criação do Sistema Nacional de UCs.

No Brasil, as unidades de conservação são regulamentadas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) que foi criado através da Lei nº. 9.985/00 de 18 de julho de 2000. De acordo com o SNUC (2000), essas áreas protegidas são entendidas como “espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes”.

O SNUC surge para categorizar e organizar as UCs brasileiras, prevendo a possibilidade de criação de novas categorias, de acordo com as necessidades de conservação e preservação no País (VIDAL, 2014). Atualmente, já se totalizam 2500 UCs federais de uso integral e de usos sustentável que se distribuem por todo o território brasileiro (CNUC, 2020).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação é o órgão responsável pela organização das unidades de conservação brasileiras em um só marco legal, nas três esferas de governo (federal, estadual e municipal), tendo como objetivo principal a proteção da biodiversidade e a promoção do desenvolvimento sustentável (VIDAL, 2014). Esse instrumento divide as UCs em duas categorias distintas: as Unidades de Proteção Integral (grupo I) - que propõem a preservação da natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, e as unidades de Uso Sustentável (grupo II) – tendo como objetivo básico compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais (BRASIL, 2000).

4.2 Unidades de conservação no estado do Pará

A Amazônia é o maior bioma brasileiro, a riqueza natural que esse bioma possui o coloca entre uma das regiões mundialmente relevantes para a biodiversidade (TCU, 2014).

O estado do Pará como parte geográfica integrante da região Amazônica é o segundo maior estado do Brasil em extensão territorial, com uma superfície de 1.247.690 km², correspondente a 15% do território nacional (PACA, LOPES, LIMA, 2013). O mesmo ocupa uma posição de destaque no cenário mineral nacional na produção de alguns bens minerais, tais como minério de ferro, alumínio, cobre, ouro, manganês, caulim e níquel (JORGE JOÃO, 2013).

A produção desses bens minerais se deu através de grandes projetos instalados em algumas regiões do estado, como é o caso do megaempreendimento mineiro em Carajás implantado pela empresa Vale que gera grande parte do PIB do estado, atraindo um

contingente populacional, sobretudo, na mesorregião do sudeste paraense. A dinâmica econômica dos grandes projetos mineradores acelerou as transformações na região (PALHETA, SILVA, MEDEIROS, 2015).

Os estados de Minas Gerais e o Pará detêm as maiores áreas de minérios de ferro do Brasil. Destes, Minas Gerais possui a maior área com 72,5% das reservas e teor do minério em torno de 46,3% de Fe; Mato Grosso do Sul com 13,1% das reservas e teor do minério em torno de 55,3%; e no Estado do Pará com 10,7% das reservas e 64,8% de teor do minério (SOUZA; CARMO, 2015).

Os projetos de mineração instalados em Carajás e também no Quadrilátero Ferrífero tem destruído grande parte dos sistemas ferruginosos, estes que possui paisagens complexas e alto grau de endemismo, no que diz respeito a fauna e a flora.

Em contrapartida, o Pará apresenta grande riqueza de elementos geológicos-ecológicos e geocientíficos, além de áreas de excepcional beleza cênica que necessitam de preservação (MARQUES, 2013). Em vista disso, as áreas protegidas no estado são de suma importância para conservar ambientes únicos, que dispõe de rica geodiversidade e manutenção dos serviços ambientais. Atualmente, o estado do Pará abriga uma das maiores áreas de unidades de conservação do mundo (IMAZON, 2014).

A área protegida é composta por 90 Ucs (Tabela 1) que equivale a 39.631.693 hectares, correspondendo a um terço do seu território protegido. Parte das unidades são de uso sustentável, sendo 67 unidades de uso sustentável e 23 de proteção integral, estando distribuídas nas esferas administrativas federais, estaduais e municipais (CNUC, 2020).

Tabela 1: Categorias de Unidades de Conservação no Estado do Pará

	Categorias	Qt.	Qt.	Qt.
		Federal	Estadual	Municipal
Uso integral	ESEC	01	01	
	MONAT		01	
	PARNA	04	04	04
	RVS		03	01
	REBIO	03	01	
Uso sustentável	FLONA	14	04	
	RESEX	23		
	RDS	01	04	
	APA	02	08	03
	ARIE			02
	RPPN	06		
Total de UCS	90	54	26	10

Fonte: CNUC (2020), elaborado por Inácio, 2022.

As florestas preservadas nessas áreas de conservação são de extrema importância para manter espécies da biodiversidade, fluxo de matéria e equilíbrio do clima, num estado onde a taxa de desmatamento cresce consideravelmente a cada ano, afetando em muitos casos até mesmo as unidades de conservação. O desmatamento no estado do Pará tem atingido índices alastrantes nos últimos anos. A extração das árvores pelas madeireiras e garimpos ilegais tem causado a degradação de importantes áreas de florestas. As queimadas também têm contribuído para essa devastação.

Para além da mineração, tem-se expandido a fronteira agrícola, ambas tem desencadeado uma série de problemas ambientais como degradação do solo, desmatamento e especulação imobiliária, sobretudo, nas cidades de Parauapebas e Canaã dos Carajás, haja vista que são as duas cidades que abrigam os maiores projetos minerários e que tem tido toda a sua dinâmica urbana transformada ao longo dos anos.

Tal fato, remonta para a necessidade de políticas públicas que versem sobre a gestão do território e de áreas protegidas. De acordo com dados da auditoria ambiental realizado pelo TCU (2014), a maioria das unidades de conservação no bioma Amazônico demandam de recursos financeiros para fiscalização e combate a emergências ambientais, ações de educação e sensibilização ambiental, e monitoramento da biodiversidade.

5 CONDIÇÕES GEOECOLÓGICAS DE CARAJÁS

5.1 Aspectos gerais da área e do seu entorno

A Floresta Nacional de Carajás localiza-se nos municípios de Parauapebas, Canaã dos Carajás e Água Azul do Norte. Atualmente, parte da Flona incorporou a mais nova unidade de conservação de uso integral denominada Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, resultando em uma área de sobreposição, e que somando as duas extensões têm-se 4.306.608,7 km², sendo ambas geridas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2017).

A Flona de Carajás foi criada por meio de Decreto Federal nº 2.486 de 2 de fevereiro de 1998, e tem como objetivo, de acordo com o SNUC, o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas (BRASIL, 2011). Enquanto que o Parna foi criado mediante decreto federal s/n em 5 de junho de 2017 por meio de condicionante ambiental, pela instalação do projeto de mineração Ferro Carajás S11D (ICMBIO, 2016). Esta instalação incluiu a extração de minério de ferro, usina de beneficiamento, acessos, pilhas de estéril, diques e demais estruturas auxiliares no Corpo D da Serra Sul, na Floresta Nacional de Carajás. Com o objetivo de proteger a diversidade biológica das serras da Bocaina e Tarzan, permitindo apenas o uso indireto dos seus recursos naturais (BRASIL, 2017).

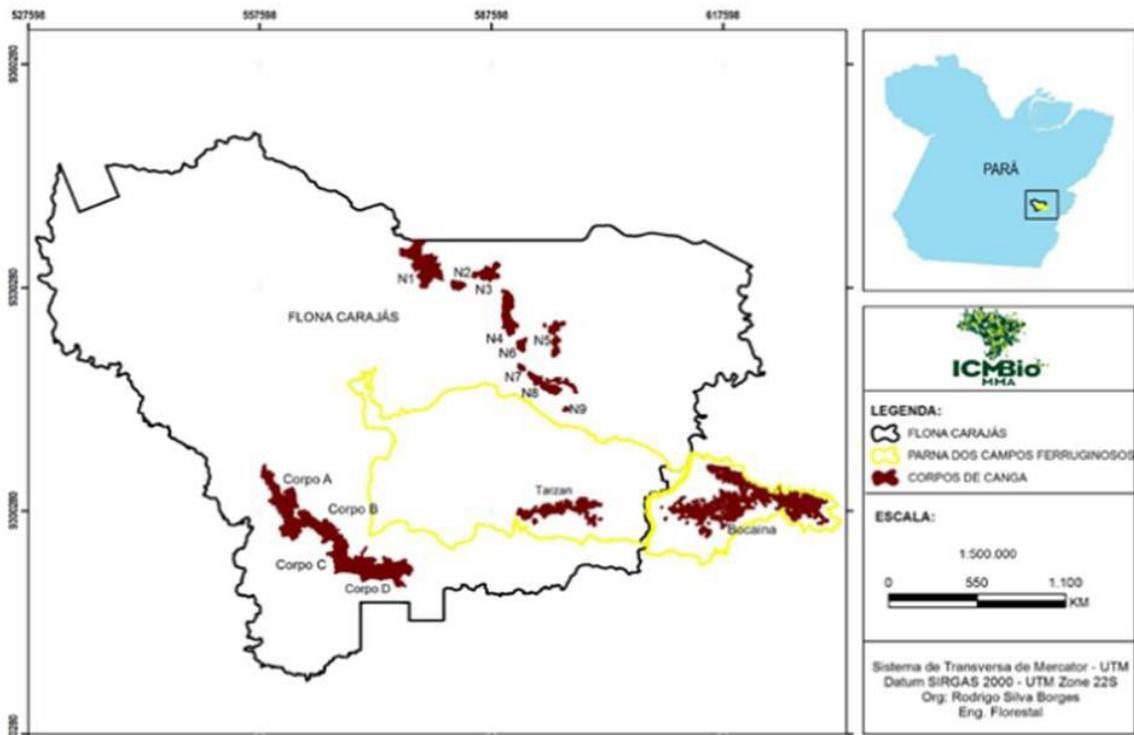
A criação das unidades de conservação de Carajás está associada à privatização da mineradora CVRD (então rebatizada como VALE), que antes dispunha de uma concessão real de uso do território (MARTINS; CARVALHO; RIBEIRO, 2018). A implantação dos espaços de proteção – UCs, veio logo após os investimentos em mineração na região, que a partir disso elaborou-se a estratégia de criar áreas protegidas, com o intuito de controlar a ocupação humana e de viabilizar a preservação e conservação em detrimento das atividades de mineração.

Destaca-se na paisagem dessas unidades grandes conjuntos de serras denominadas de Serra Norte, Serra Sul, Serra da Bocaina e Serra do Tarzan. Na serra norte localiza-se áreas de extração de minérios denominadas de Projeto N1 e N2, assim como as áreas de minas N4 e N5 (Figura 2) e a Mina de Manganês do Azul numa área que corresponde a Zona de Mineração da unidade (IBAMA, 2003).

Na porção Sul está o projeto S11D que é o maior complexo minerador do Brasil (Figura 3). O projeto S11D traz o sistema *truckless*, que substitui os tradicionais caminhões fora de estrada por correias transportadoras, essa ação possibilita um menor impacto ao conjunto de Unidades de Conservação (Mosaico Carajás), na qual tem influência o S11D

(VIDAL e MASCARENHAS, 2020).

Figura 2: Numeração dos corpos de cangas, Floresta Nacional de Carajás, PA.



Fonte: ICMBio, 2017.

Figura 3- Aspectos gerais das Minas N 5 e S11D em funcionamento em Carajás. A – Caminhões. B - Patamares, C - Pátio de produção da S11D e em D – vista geral.



Fonte: Vidal, 2018.

O núcleo Urbano localiza-se a leste da referida unidade e foi construído para receber os recursos humanos que vieram trabalhar na implantação do Projeto Grande Carajás (PGC), maior projeto de desenvolvimento empreendido em área de floresta para explorar a província mineral de Carajás (REDÓN *et al.*, 2022). O núcleo urbano conta com empreendimentos comerciais, entre restaurantes, supermercados, bancos, lojas etc., espaços de lazer e praças.

O Bioparque Vale Amazônia, ocupa 30 hectares na floresta amazônica e conta com uma área de aproximadamente 70% de floresta tendo como base três pilares: Lazer, educação ambiental, pesquisa científica e a conservação de espécies da flora e da fauna (VALE, 2022). Logo adiante a alguns quilômetros fica o Aeroporto de Carajás que junto com a rodovia PA-275 são as formas de acesso a Flona, como pode ser visto na figura 4.

Figura 4: Núcleo Urbano, BioParque e Aeroporto de Carajás



Fonte: Vidal e Inácio, 2022.

Quando se fala em manejo florestal sustentável existem duas espécies na área que são utilizadas, a Castanheira (*Bertholletia excelsa*) e o Jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*), pois são duas espécies nativas ocorrentes na região de Carajás que se destacam pelo uso comercial e que contribui para a produção econômica regional (ICMBio, 2016). A Castanheira pelas suas sementes e o Jaborandi pelas suas folhas que é muito utilizado na indústria farmacêutica e cosmética. A substância pilocarpina que é retirada da folha do Jaborandi é de suma importância para o tratamento de glaucoma. A COEX (Cooperativa de extrativistas de Carajás), criada em 2011, que atualmente conta com 34 extrativistas credenciados é a única cooperativa autorizada a coletar sementes e folhas na Flona de Carajás.

Com o objetivo de conter o avanço do desflorestamento amazônico, principalmente no Arco do Desmatamento que abrange principalmente o Pará com o maior índice de desmatamento, os governos estadual e federal buscaram criar um mosaico de áreas protegidas (Mapa 1). Estando no entorno, ou mesmo dentro dessas unidades das áreas de exploração mineral, a criação do mosaico de Carajás coincide com a estratégia de proteger as jazidas de minérios de ferro e outros recursos minerais do avanço populacional, por meio da criação de

áreas protegidas. “A proteção dos projetos de mineração se deu no sentido de evitar uma ocupação humana indesejada, provavelmente adotada pelo governo brasileiro a partir da experiência no Quadrilátero Ferrífero (QF) no estado de Minas Gerais” (MARTINS, CARVALHO, RIBEIRO, 2018, p. 26).

A criação do mesmo possibilitou a inibição da utilização inadequada e ilegal de florestas públicas do território paraense. Esse contínuo florestal é de fundamental importância para a região de Carajás, visto que “atividades como a mineração insere modificações nos padrões de fluxos e energias das paisagens” (VIDAL e MASCARENHAS, 2020).

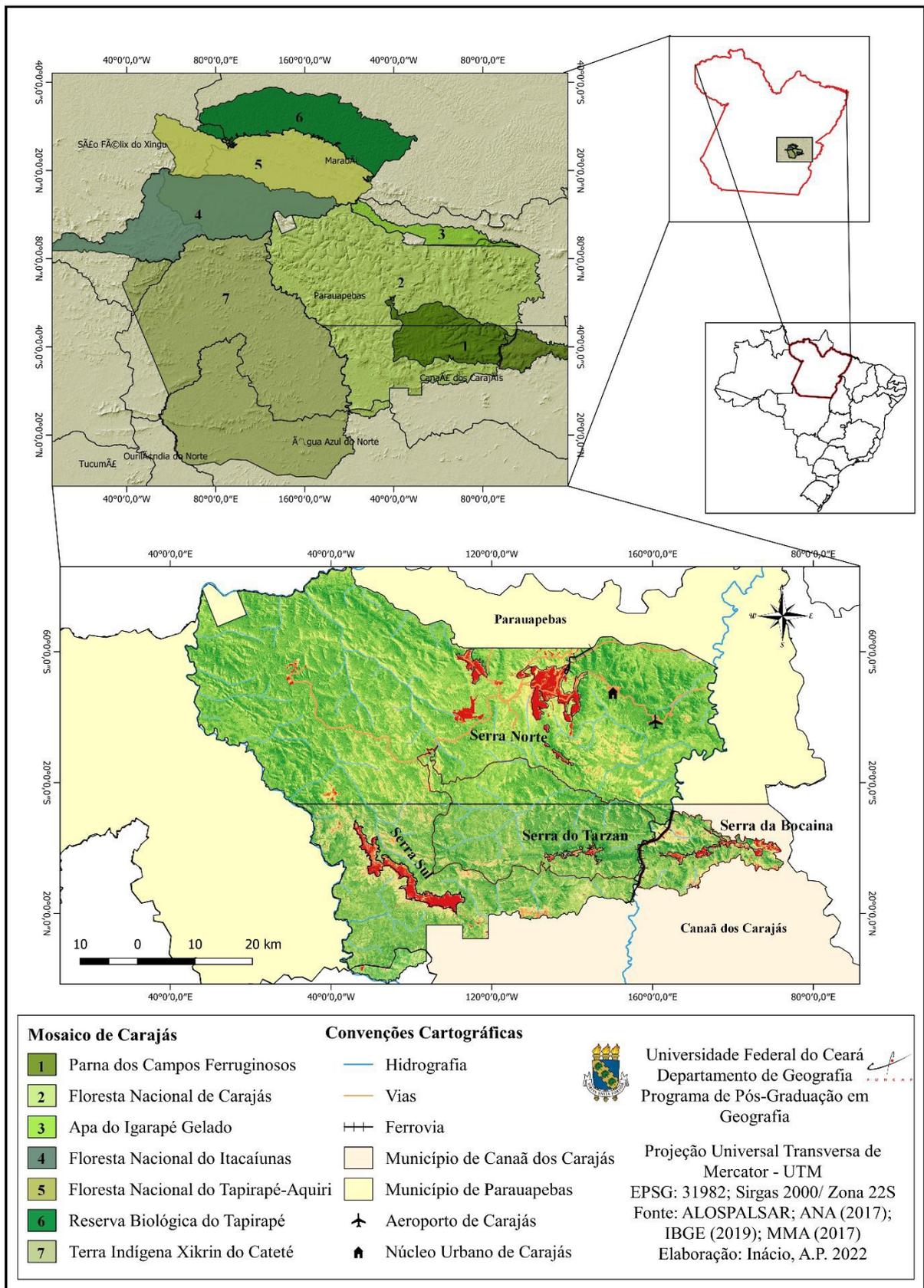
Esse conjunto de áreas protegidas é composto por seis unidades de conservação e uma terra indígena, sendo elas: Área de Proteção Ambiental do Igarapé Gelado, Reserva Biológica do Tapirapé, Florestas Nacionais do Itacaiúnas, do Tapirapé-Aquiri e a Terra Indígena Xikrin do Cateté. O mosaico de Carajás constitui um grande contínuo florestal de cerca de 12.000 km² (ICMBio, 2017; PONTES, et al., 2019). O entorno dessas unidades de conservação é marcado por uma matriz de áreas antropizadas, decorrentes da explosão demográfica e dos conflitos fundiários derivados da implementação dos grandes projetos minerais na região e da baixa presença do Estado (VIEIRA, 2023).

A permanência do mosaico é de grande relevância para a conservação da biodiversidade e da geodiversidade, uma vez que a intensificação de processos ecológicos degradantes e o desequilíbrio na manutenção dos serviços ecossistêmicos, pode levar a intensa degradação ambiental. A elevada pressão antrópica e a expansão da fronteira agropecuária no entorno das unidades se configuram como um dos principais problemas para as Unidades de Conservação do Sudeste do Pará (MOTA *et al.*, 2015).

Para Souza-Filho *et al.*, (2016), atividades de mineração, acrescidas do desenvolvimento da urbanização e instalação de equipamentos como estradas e ferrovias, e a pecuária associada ao desmatamento extensivo, alteraram significativamente a paisagem original da região. Sahoo *et al.*, (2020) aponta que essas alterações pressionaram a qualidade do solo e dos corpos d'água circundantes.

Além de impactos, as atividades inferem conflitos socioambientais significativos, o que corrobora com as afirmações de Mello e Théry (2018, p.332) na qual abordam que “na região de Carajás, bem como nos municípios vizinhos como Parauapebas e Marabá predominam conflitos fundiários, grilagem, antagonismos entre mineração, seus impactos e outras dinâmicas locais”.

Mapa 1: Localização do Mosaico de Unidades de Conservação e da Flona de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

5.2 Contexto Geocológico

As unidades de conservação, que são objetos de estudo deste trabalho, estão localizadas em uma das áreas mais importantes da região Norte do Brasil, que é a Serra de Carajás, e essa importância diz respeito tanto a sua geologia, quanto aos seus recursos minerais. A combinação de diferentes elementos que compõe a paisagem deste lugar é resultante da ação da geologia, clima, solos, hidrografia, geomorfologia e cobertura vegetal. Esses condicionantes físicos que se relacionam de forma indissociável compõem um sistema com paisagens complexas e singulares, vinculados a processos pretéritos e atuais, que envolvem os estudos integrados.

5.2.1 Aspectos Geológicos e Geomorfológicos

A região de Carajás faz parte do núcleo mais antigo do Cráton Amazônico, que é uma das principais unidades da placa tectônica da Plataforma Sul Americana, que se originou a partir da fragmentação do supercontinente Gondwana, associada a Reativação *Wealdeniana*, que resultou na abertura do oceano atlântico e promoveu o soergimento do Cráton Amazônico e a sedimentação da Bacia Amazônica. O Cráton Amazônico é constituído pelos escudos das Guianas e Brasil Central e separados pela expressiva faixa sedimentar das bacias do Amazonas e Solimões (VASQUEZ *et al.*, 2008). O mesmo representa uma grande placa litosférica continental, composta por várias províncias crustais de idades arqueana a mesoproterozóica, estabilizada tectonicamente em torno de 1,0 Ga (BRITO NEVES e CORDANI, 1991).

Segundo Jorge João (2013), no estado do Pará estão contempladas cinco províncias tectônicas do Cráton Amazônico sendo elas: Carajás (3000-2500 Ma), Transamazonas (2260-1990 Ma), Tapajós-Parima (2030-1860 Ma), Amazônia Central (1900-1860 Ma) e Rondônia-Juruena (1850-1540 Ma), cada uma dessas províncias foram compartimentadas em outros domínios tectônicos, tendo como critério as características cronológicas geoquímicas.

Dentre as províncias citadas acima, a área de estudo está inserida na Província Carajás que é a porção mais antiga e preservada, com rochas antigas pertencentes principalmente ao Pré-Cambriano e com origens variadas e distintos graus de metamorfismo, com evolução geológica marcada por séries de eventos, que vai desde o vulcanismo ácido ultrabásico, no Arqueano, ao vulcanismo ácido a básico, no Proterozóico, acompanhados pelo plutonismo correspondentes (SANTOS, 1986).

Vários autores já esboçaram uma divisão de domínios para esta província, mas adota-se aqui a proposta de Santos (2003) que dividiu a Província de Carajás em dois domínios

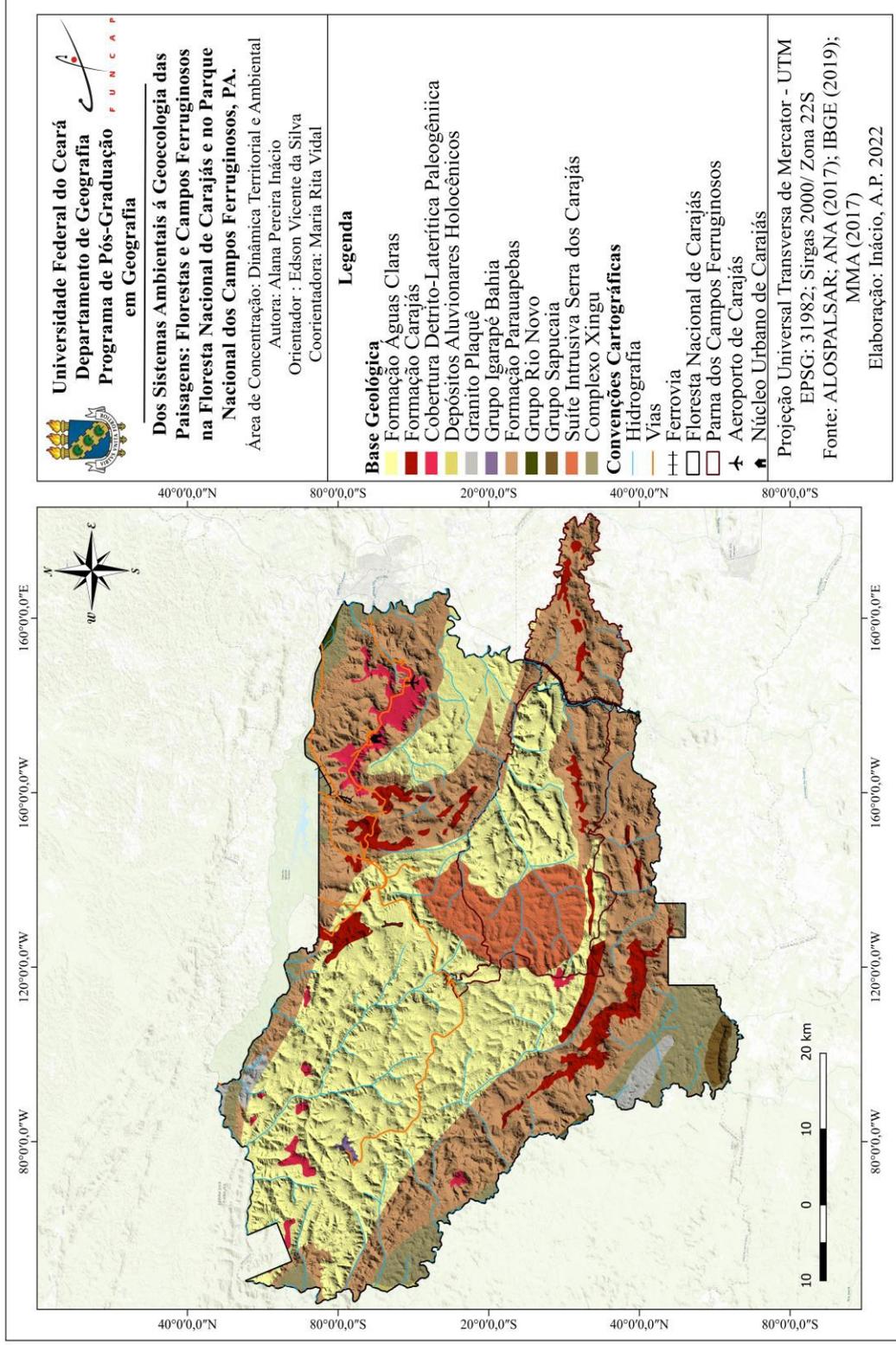
tectônicos distintos denominados de Rio Maria e Carajás. O Domínio Rio Maria é o mais antigo, e está localizado na porção Sul da Província Carajás. É mesoarquiano em idade, caracterizado por associações do tipo granitóide- *greenstone belts* com idades na faixa de 2,85–3,05 Ga. Os *greenstone belts* ocorrem distribuídos em todo o domínio, com predominância, na parte basal, de rochas metavulcânicas ultramáficas a máficas (SANTOS, 2003, VASQUEZ *et al.*, 2008).

Enquanto, que o Domínio Carajás está localizado na porção norte da referida província e engloba algumas rochas mesoarqueanas, mas é predominantemente neoarqueano e caracterizado por sequências vulcanossedimentares e granitóides gerados principalmente no intervalo de 2,76–2,55 Ga (SANTOS, 2003). Ambos os domínios são marcados por magmatismo granítico tipo A orosiriano, extensivo a outros domínios tectônicos no estado do Pará (JORGE JOÃO, 2013, p. 18). De acordo com a base cartográfica do IBGE (2019), dados bibliográficos do ICMbio (2016), e ainda Macambira (2003) a área de estudo é composta de 11 unidades litológicas que estão associadas a Província de Carajás.

Parte das unidades litológicas estão alojadas no Supergrupo Itacaiúnas que abarca na área os grupos Grão-Pará e Igarapé Bahia. Estando sobreposto ao Supergrupo Itacaiúnas, o Complexo Xingu representa o embasamento da região, ocupando a parte norte da área de estudo, desde o platô N1 até o N5, configurando uma área de relevo arrasado, com afloramentos em forma de lajedos e blocos nos igarapés e esparsos blocos rolados em um espesso manto regolítico (Macambira, 2003), mantendo contato com o Grupo Sapucaia, que é constituído por uma sequência de rochas supracrustais de natureza metavulcanos sedimentares que apresentam metamorfismo em fácies xisto verde, com uma forte anisotropia estrutural (ARAÚJO, MAIA e JOÃO, 1991).

Nesse contexto, insere-se o Grupo Grão-Pará que é a unidade litoestratigráfica da região com maior ocorrência areal e abarca os principais depósitos minerais. Este grupo é composto por uma espessa sequência de rochas vulcânicas superiores e inferiores de baixo grau de metamorfismo, que ocorre nos flancos norte e sul da Serra dos Carajás numa grande estrutura dobrada complexa, ou seja, num sinclínório que é afetado pela falha Carajás (Santos, 1986), incluindo da base para o topo, as formações Parauapebas, Carajás e Águas Claras (Mapa 2). A Formação Parauapebas é representada por uma sequência metavulcanomáfico-félsica formada por rochas máficas verdes hidrotermalmente alteradas, que é composta por basaltos e riolitos e ocorrem na base e topo da Formação Carajás associada a derrames basálticos. As rochas desta formação são preservadas, exceto nas áreas deformadas ocorrendo vários depósitos de cobre e ouro na Serra Norte (VASQUEZ *et al.*, 2008).

Mapa 2: Geologia da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos, PA



Fonte: Elaborada pela autora, 2022

Segundo Teixeira *et al.* (1997), esta unidade foi afetada por eventos de alteração hidrotermal, associado à extrusão vulcânica submarina e outro posterior, associado à intrusão do granito orosiriano Serra dos Carajás.

A Formação Carajás é constituída essencialmente por rocha ferrífera bandada de fácies óxido do tipo jaspilito integrando o topo dos platôs das Serras Norte e Sul em Carajás (Macambira, 2003), sendo a mais representativa na Serra Norte visto ser constituída principalmente por óxidos de ferro de alto teor (hematita, magnetita e martita). Esta formação apresenta feições de deformação rúptil (rochas rígidas que tendem a ser quebradiças) a dúctil (rochas com deformações elásticas em virtude da variação da temperatura e pressão), em níveis crustais rasos, como falhas, zonas de cisalhamento, a mesma está em contato concordante com a Formação Parauapebas (VASQUEZ *et al.*, 2008).

A Formação Águas Claras engloba rochas sedimentares arqueanas não metamorfizadas, que conforme Nogueira (1995) está individualizada em duas unidades litoestratigráficas com contato gradacional (Membro Inferior e Membro Superior). Segundo o autor, no membro inferior predominam pelitos, siltitos e arenitos, enquanto que o membro superior é caracterizado, principalmente, por arenitos. O Grupo Igarapé Bahia representa uma sequência metavulcano-sedimentar arqueana, metamorfizada em fácies xisto verde baixo, que aflora como uma pequena janela estrutural dentro da Formação Águas Claras, na porção centro-oeste da estrutura sigmoidal da região (DOCEGEO, 1988).

Em conformidade com Vasquez *et al.* (2008), a Suíte Intrusiva Serra dos Carajás é descrita como uma formação composta de rochas do embasamento com sequências metavulcano-sedimentares arqueanas, granitóides e rochas sedimentares arqueanas. São rochas de coloração rosada, avermelhada até cinza esbranquiçada de granulação média a grossa.

As rochas graníticas estão representadas por suítes arqueanas, incluindo os granitos e dioritos da Suíte Plaquê. Por fim, o grupo Rio Novo é composto por metamafitos, formações ferríferas bandadas, xistos micáceos e metapelitos grafitosos que mantém relações de contato com rochas do complexo Xingu (ARAÚJO e MAIA, 1991).

No tocante a geomorfologia e considerando as informações do arcabouço geológico que subsidiou o entendimento da morfoestrutura, ressaltam-se as formas esculturais do relevo que envolve a Serra de Carajás. Ab'Sáber aponta que:

Carajás é resultado de restos de uma paléo-cordilheira constituída por rochas muito antigas que foi arrasada e aplainada entre o fim do Mesozóico e a primeira parte do Terciário. No ponto mais alto da serra existem remanescentes de um verdadeiro tipo de planície de erosão antiga que, atualmente soerguida a centenas de metros de altitudes é sujeita a fases de redissecação do relevo (AB'SÁBER, 1986, p. 110).

Em escala regional, o sudeste do Pará está inserido em duas unidades morfoesculturais resultantes da ação climática que atuou ao longo de milhões de anos sobre a estrutura esculpindo o seu relevo. As unidades morfoesculturais que a região está inserida é a Depressão Periférica do Sul do Pará e o Planalto Dissecado do Sul do Pará (BOAVENTURA, 1974).

A Depressão Periférica do Sul do Pará ou Superfícies Aplainadas do Sul da Amazônia é uma extensa unidade de relevo que abrange várias áreas do centro-sul do estado do Pará. Esse domínio geomorfológico apresenta um notório predomínio de superfícies aplainadas que resultaram em áreas arrasadas por prolongados eventos de erosão generalizada em grande parte do Cenozóico. A depressão possui cotas que variam entre 100 e 400 metros, apresentando-se em superfícies aplainadas que ora também aparece dissecada com relevos colinosos, destacando-se um significativo número de feições residuais (DANTAS e TEIXEIRA, 2013).

O Planalto Dissecado do Sul do Pará onde está localizado a Flona de Carajás e o Parna dos Campos Ferruginosos é caracterizado por relevos acidentados remanescentes de antigas superfícies de erosão, com platôs sustentados por cangas lateríticas e terrenos rebaixados com altitudes inferiores a 300 metros. De acordo com Boaventura (1974), o Planalto Dissecado é constituído por maciços residuais de topo aplainado e conjunto de cristas e picos interpenetrados por faixas de terrenos rebaixados com altitudes que variam desde 500 a 700 metros (Figura 5).

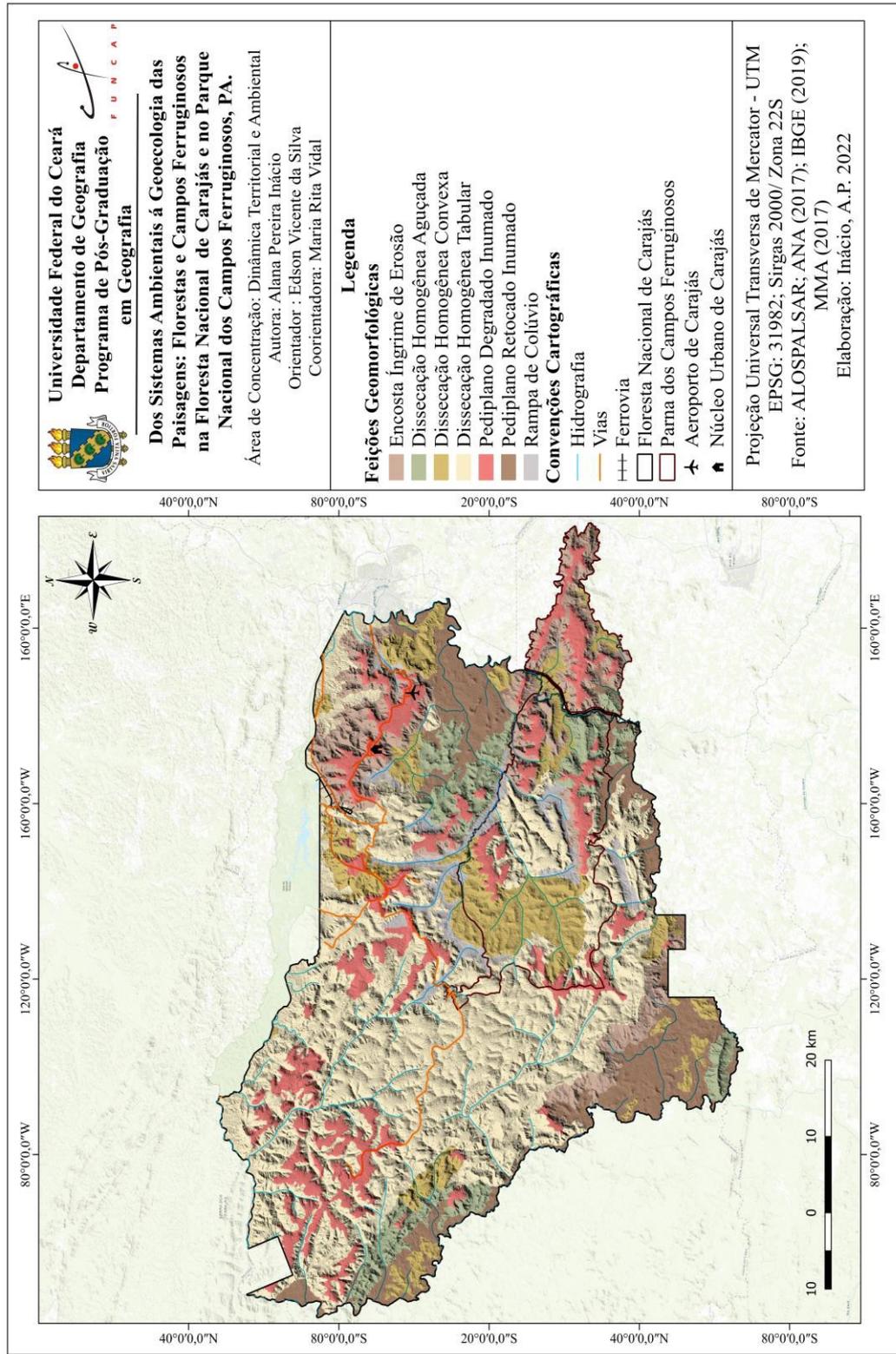
Figura 5: Formas do relevo no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, PA



Fonte: Santos, 2021; Vidal, 2019.

A extensão da área está coberta por sete formas do relevo (Mapa 3). Na primeira classe estão os modelados em forma de Encosta Íngreme de Erosão, que se situam em áreas de alta declividade.

Mapa 3: Geomorfologia da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos, PA.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Este modelado ocorre principalmente em rochas metamórficas e metassedimentares, havendo perda de materiais que acabam sendo carregados para as áreas rebaixadas. O segundo modelado é Dissecação Homogênea Aguçada caracterizado pelas formas de relevo de topos estreitos e alongados, esculpidas em rochas metamórficas, são resultantes da interceptação de vertentes de declividade acentuada. O terceiro é a Dissecação Homogênea Convexa marcada por vales bem definidos e vertentes de declividades variadas, entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem.

São geralmente esculpidas em rochas ígneas e metamórficas e eventualmente em rochas sedimentares. O quarto modelado é denominado de Dissecação Homogênea Tabular que é advinda de coberturas sedimentares inconsolidadas e rochas metamórficas, sendo definidas por rede de drenagem de baixa densidade, com vales rasos, apresentando vertentes de pequena declividade.

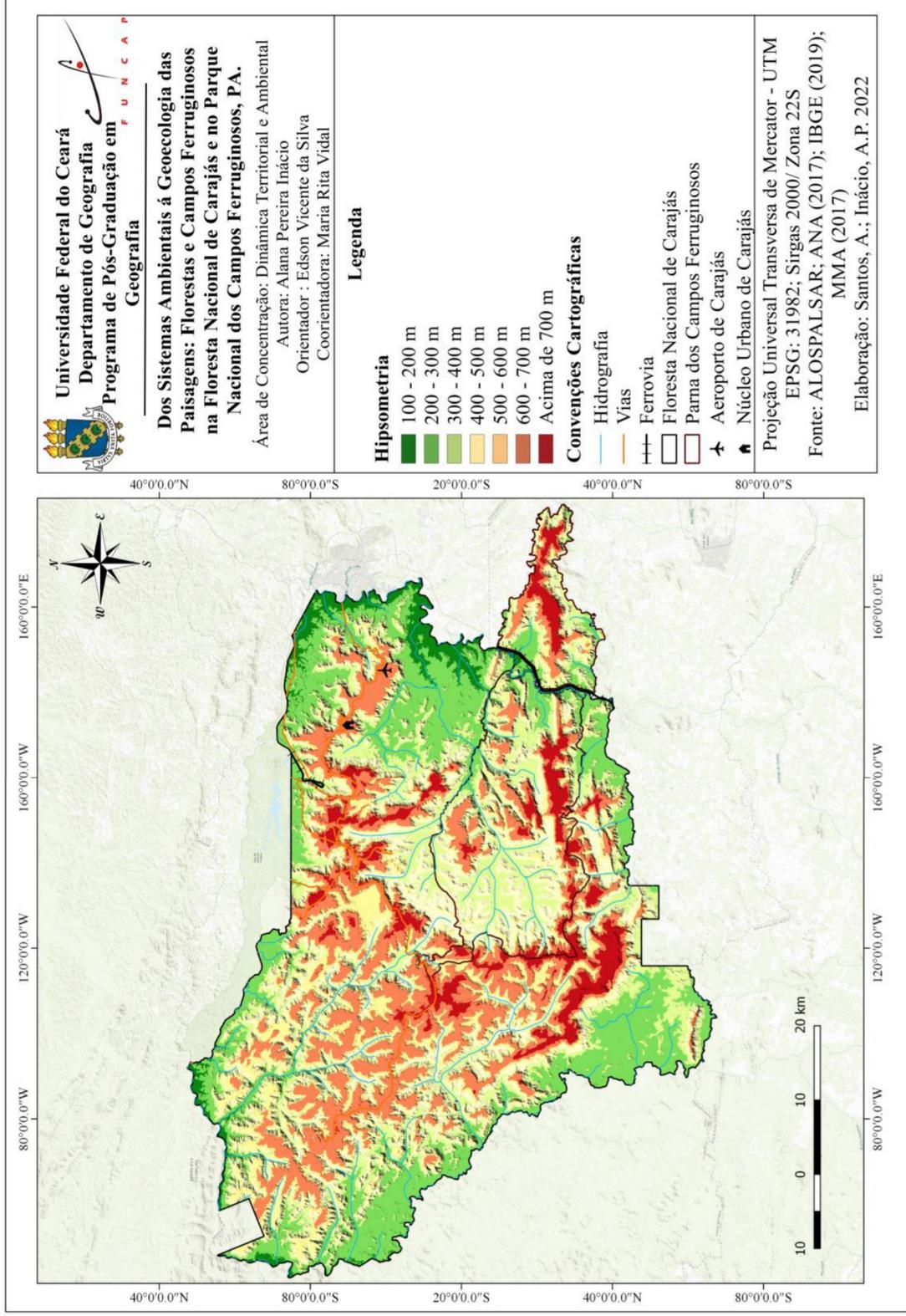
A quinta classe é o Pediplano Degradado Inumado que é uma superfície de aplanamento parcialmente conservada ou pouco dissecado e separado por escarpas ou ainda ressaltos de outros modelados de aplanamento. Aparece frequentemente mascarado, inumado por coberturas detríticas e/ou de alteração, constituídas de couraças e/ou Latossolos. Na sexta classe tem-se o Pediplano Degradado Retocado Inumado uma superfície de aplanamento elaborada durante fases sucessivas de retomada de erosão, cujos processos geram sistemas de planos inclinados, às vezes levemente côncavos (IBGE, 2009).

A última classe, as Rampas de Colúvio, são formas de fundo de vale suavemente inclinadas, que recebem sedimentos provenientes das vertentes que recobrem os depósitos aluvionares. Ocorre em setores de baixa encosta, em segmentos côncavos que caracterizam as reentrâncias ou depressões do relevo (IBGE, 2009).

5.2.2. Hipsometria e Declividade

Na sucessão de superfícies de aplainamento preservadas na região, a Serra dos Carajás é a mais alta e mais antiga, atingindo altitudes superiores a 600 metros, entretanto, suas cumeadas estão de 400 a 500 metros acima das colinas e patamares baixos florestados, existentes na base de suas vertentes (AB'SÁBER, 1986). De acordo com o mapa hipsométrico (Mapa 4) a área de forma geral possui altimetria mínima de 100 metros e a máxima que equivale a valores acima de 800 metros. As cotas abaixo de 200 metros estão situadas no fundo de vale do rio Parauapebas, sendo áreas rebaixadas que tendem a inundar no período chuvoso, devido seu relevo ser mais plano. Observou-se o predomínio de cotas de 200 a 400 metros com ocorrência generalizada nas unidades de conservação.

Mapa 4: Hipsometria da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos, PA.



Fonte: Elaborado por Santos e Inácio, 2022.

As áreas entre 500 a 600 metros de altitude concentram-se na parte central em áreas escarpadas. As maiores cotas que estão acima de 900 metros de altitude estão nos platôs com maiores rugosidades e declividades muito altas, o que favorece o escoamento hídrico, com predomínio da erosão fluvial.

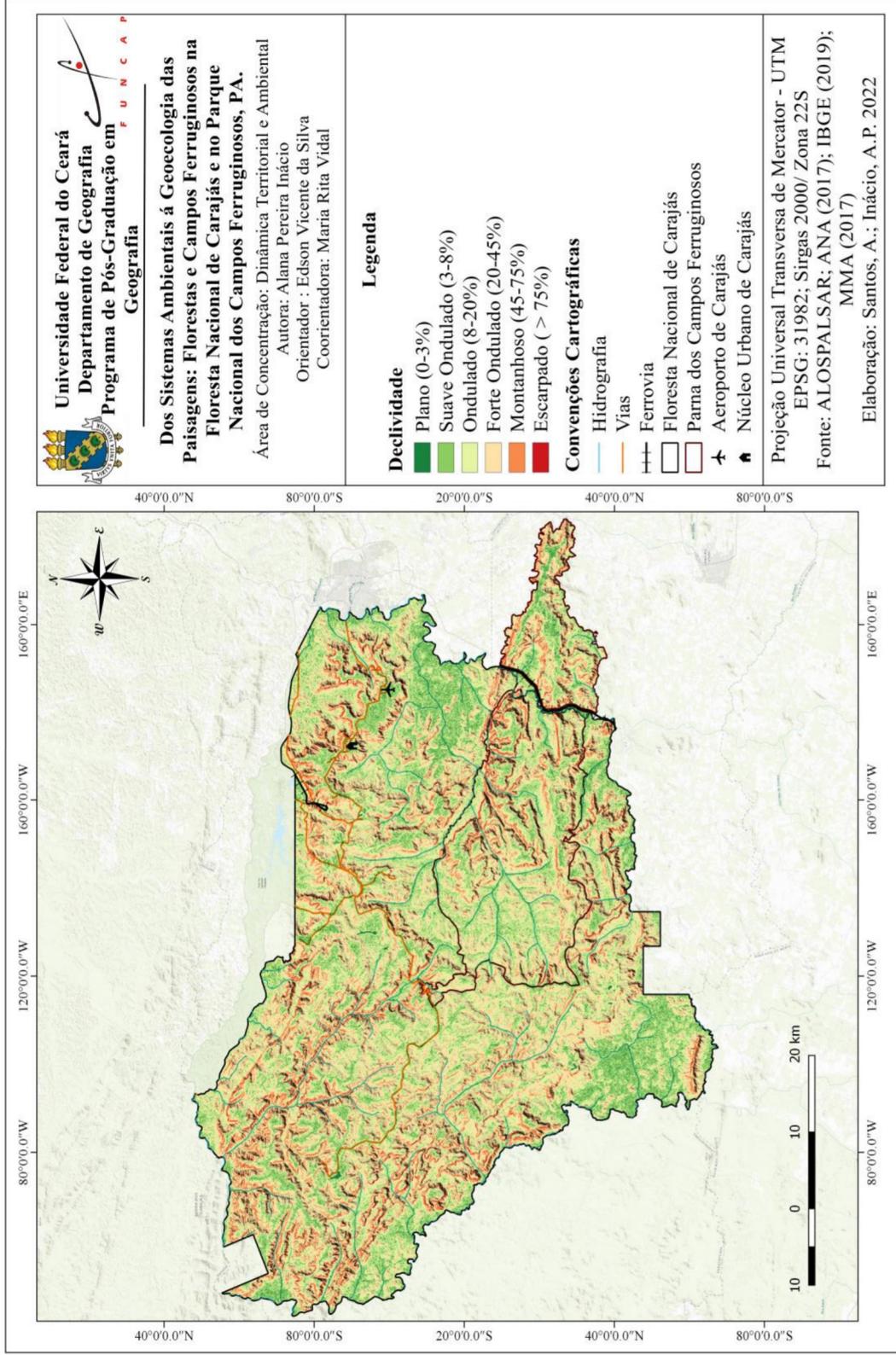
No que diz respeito à declividade, foram delimitadas seis classes expressas em porcentagem distribuídas em toda a área de estudo expressas no mapa 5. A declividade está relacionada com a intensidade do escoamento de águas pluviais, as estruturas geofísicas, textura dos solos e permeabilidade das rochas.

A primeira classe é a de declividade plana com inclinações de 0-3% que ocorre em 3,56% e corresponde a áreas de relevos planos, que podem ser encontradas em topos de morros e serras, bem como em fundos de vales. Em vista da menor altitude predomina a deposição de materiais pela ação da infiltração das águas e do escoamento subsuperficial.

A segunda classe é de relevos suave ondulados (3-8%) representando 17,44% da área, é marcada por densidade de drenagem grosseira e fraco aprofundamento da drenagem, onde a ação do escoamento subsuperficial provoca a perda de materiais finos em superfície, formando rampas de colúvio. A terceira classe é de relevos ondulados com intervalos de 8-20% ocorrendo em 31,76% nos terrenos das referidas unidades de conservação. Encontram-se nas vertentes e está associada a densidade e aprofundamento médio da drenagem, com formações superficiais pouco espessas, aonde ocorre ação generalizada do escoamento superficial dos solos, dando origem a canaletas ou rampas de colúvio.

As áreas associadas à classe de declividades forte onduladas (20-45%) têm a maior ocorrência nas UCs com 33,84% e equivale aos trechos escarpados, com densidade de drenagem fina e aprofundamento da drenagem médio ou forte, contendo formações superficiais pouco espessas e/ou rasas. As últimas classes consideradas como relevos montanhosos e escarpados possuem declividades superiores a 45% com escoamento superficial concentrado e grosseiro onde as formações superficiais são pouco espessas ou inexistentes, podendo apresentar pedregosidade e afloramentos rochosos.

Mapa 5: Declividade da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos, PA.



Fonte: Elaborado por Santos e Inácio, 2022.

5.2.3. Clima e Hidrografia

O clima e as condições meteorológicas são condicionados pela localização geográfica e pelo relevo, que atuando juntamente com os sistemas atmosféricos podem controlar a distribuição pluviométrica, evaporação, temperatura, umidade do ar e regime de ventos de uma determinada região (VALENTIM e OLIVITO, 2011). Ademais, o clima é um elemento fundamental que influi diretamente na formação dos solos e na paisagem, bem como no comportamento morfodinâmico e ecológico dos sistemas.

O Estado do Pará é caracterizado por um clima equatorial úmido que é condicionado pelo deslocamento sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e pela Massa Equatorial Continental (MEC), tendo ambas uma atuação marcante no verão (DANTAS e TEIXEIRA, 2013). A ZCIT é um dos principais sistemas que atua nos trópicos, responsável pelas chuvas que ocorrem no Norte/Nordeste do Brasil durante sua estação chuvosa.

De acordo com a classificação de Köppen, o Pará apresenta três classes climáticas predominantes Af, Am e Aw, tais classes estão baseadas na temperatura “A” (climas tropicais chuvosos) e nas características adicionais de precipitação pluviométrica, “w, m e f”. O subtipo climático Af é caracterizado pela inexistência de um período de estiagem, a temperatura média no mês mais quente é superior aos 18°C. O Am apresenta clima tropical úmido ou subúmido e uma estação seca de pequena duração, e o Aw que também apresenta clima tropical com inverno seco bem definido e uma estação chuvosa.

Considerando o clima da Flona e do Parna, o mesmo é classificado como Aw_i, com característica mais evidentes no período, com cerca de cinco meses de forte estiagem. A estiagem acontece nos meses de junho a outubro, enquanto que o período mais chuvoso é nos meses de novembro a maio. Na estação chuvosa, os volumes mais expressivos concentram-se no período de janeiro a março e a precipitação média mensal desse intervalo é da ordem de 300 mm, ao passo que no período seco inclui os meses de junho, julho e agosto, cuja média mensal de precipitação é da ordem de 30 mm (VALENTIM e OLIVITO, 2011).

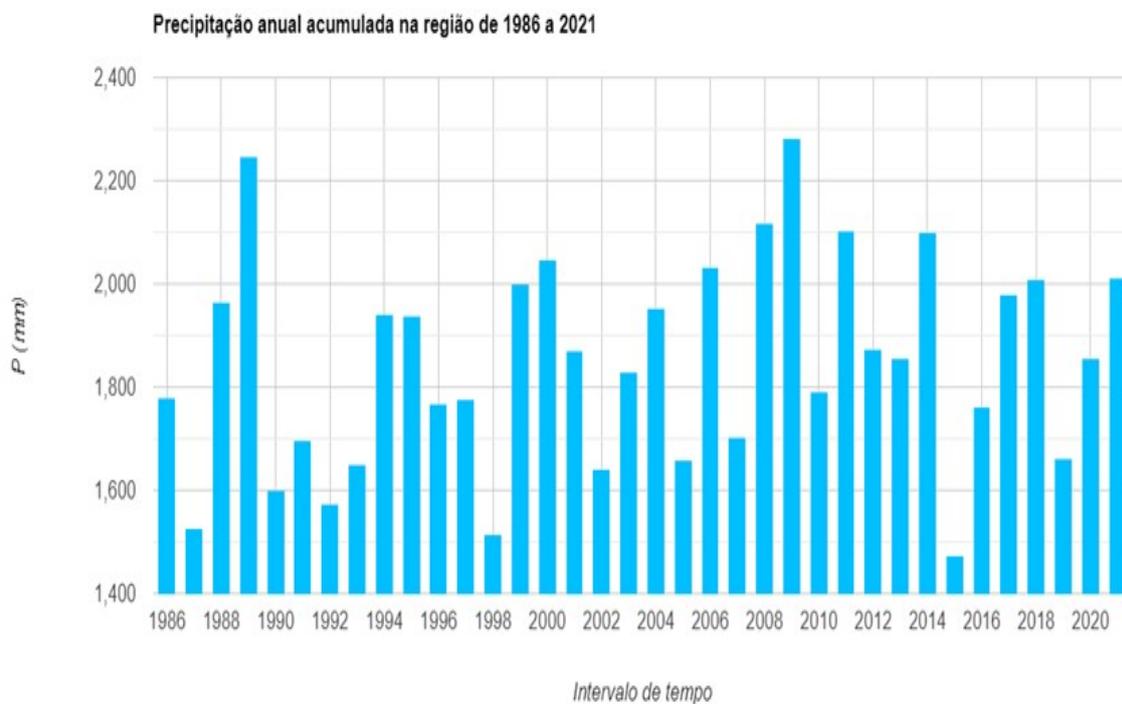
Há ainda os subtipos climáticos, que segundo o IBAMA (2003) são classificados como o subtipo das encostas e o subtipo dos topos. O primeiro é caracterizado por médias de 25 a 26 °C, baixa insolação (5 a 6 horas), ventos fracos e má ventilação. E o segundo é marcado por médias entre 23 a 25 °C, baixa insolação (4,5 a 5 horas), ventos moderados e boa ventilação.

Dentro da área em questão existe apenas uma estação meteorológica de uso restrito da empresa Vale. Para fins de coleta de dados pluviométricos é necessário recorrer a estação mais próxima que é a da Serra dos Carajás, para entender o contexto climático da região. Contudo,

os dados disponibilizados foram incompletos, tendo em vista o problema recorreu-se a imagens de satélites meteorológicos chamada CHIRPS para quantificar os índices de pluviosidade por anos. Os dados do CHIRPS foram utilizados neste trabalho para analisar a distribuição espacial da precipitação da região da Serra de Carajás, numa série temporal de 30 anos.

Os dados do (Gráfico 1) mostram a distribuição da precipitação anual acumulada dos anos de 1986 a 2021. Foi possível constatar que os níveis de precipitação ultrapassaram os 1000 mm durante todos os anos e comprovar assim o elevado índice pluviométrico da região.

Gráfico 1: Precipitação anual acumulada na região de Carajás nos anos de 1986 a 2021.

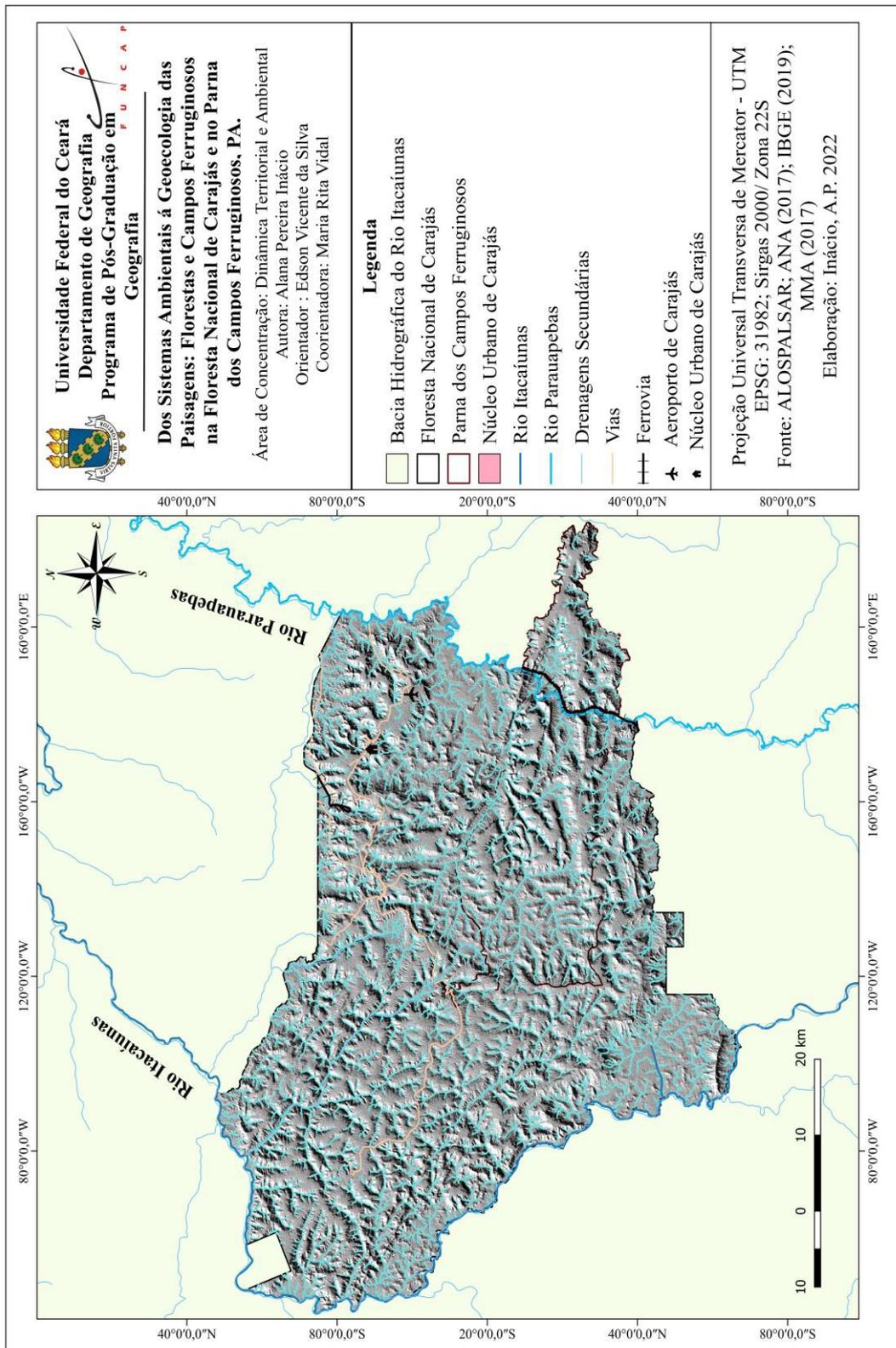


Fonte: Castro, 2022.

A região sudeste do Pará incluindo a Serra de Carajás é banhada pela bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia, e tem como principais drenagens os rios de mesmo nome, e ainda os rios Preto, Jacundá, Oeiras, Inajá, Chicão, Salobo, Itacaiúnas, Madeira, Parauapebas, Sereno, Sororó, Praia Alta e Tracará. A região hidrográfica do Tocantins-Araguaia é dividida em: Sub-região hidrográficas do Araguaia; Sub-região hidrográfica do Itacaiúnas e Sub-Região hidrográfica do Tocantins.

A maior parte da região Ferrífera de Carajás é drenada pelo rio Itacaiúnas (Mapa 6), com hierarquização hidrográfica segundo os critérios de Strahler de quinta ordem (Cruz, 2020), desemboca na margem esquerda do rio Tocantins, em Marabá. O seu principal afluente

Mapa 6: Hidrografia da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos, PA.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

é o Rio Parauapebas (Figura 6), que corta a parte leste da Serra Sul, outros afluentes e subafluentes importantes são o Azul, Cinzento, Águas Claras, Anta e Tapirapé situadas nas encostas da Serra dos Carajás, dentro dos limites da Floresta Nacional de Carajás (IBAMA, 2003).

Figura 6: A - Rio Parauapebas, B- Drenagem nas cavernas - Carajás



Fonte: Inácio, 2023; Vidal, 2018.

Destacam-se na paisagem das unidades de conservação estudadas platôs ferruginosos com lagoas perenes e intermitentes em seu topo, alimentadas principalmente pelas águas do escoamento superficial da água das chuvas. As depressões são formadas pelo abatimento das concreções lateríticas e impermeabilizadas por sedimentos e detritos trazidos pelo escoamento pluvial. Esses geoambientes atuam como importantes fontes de água para a fauna da floresta circundante e permitem o estabelecimento de espécies da flora com diferentes níveis de exigências hídricas (LOPES 2008; MOTA *et al.*, 2015).

Apesar de relativamente isoladas do subsolo, as lagoas permanentes funcionam como ambientes de recarga para o sistema aquífero regional e nascentes (CAMPOS e CASTILHO, 2012). As lagoas temporárias, mais rasas e de tamanho menor, abrigam espécies raras e com importância destacada nas estratégias de conservação (LOPES, 2008).

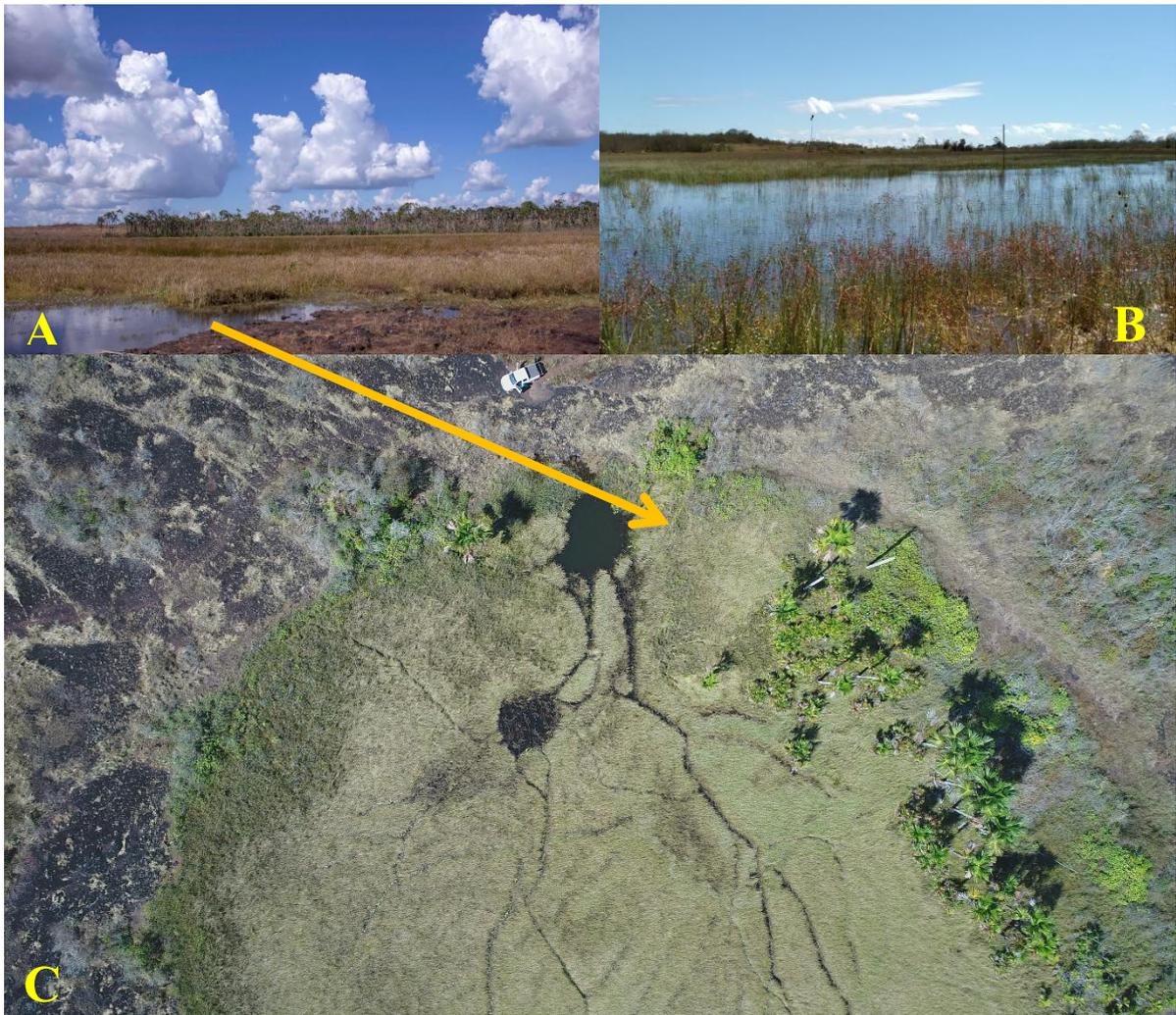
Cerca de 90% da área é coberta pela Floresta Ombrófila Aberta e 10% pela Floresta Ombrófila Densa, incluindo as áreas aluviais associadas aos cursos d'águas, onde se encontram pequenos riachos, lagoas, setores alagados e os rios maiores. A maioria das lagoas perenes estão localizadas na Serra Sul onde se situa a mina de ferro de S11D, sendo elas as lagoas do Violão, do Amendoim e Três Irmãs.

Por outro lado, na área há também a formação de diversos cursos d'água intermitentes que se formaram nos topos das serras ferruginosas de Carajás durante os períodos chuvosos, possuindo volume de água e velocidade de escoamento diferenciados, secando durante a

estação seca. Essas lagoas são margeadas por buritizais (*Mauritia flexuosa*), que é um tipo de vegetação que bordeja as áreas úmidas (Figura 7).

Ambas as lagoas possuem uma importância que vai além de exemplos de endemismos. Estes pequenos ambientes são comparativamente relevantes para a manutenção do conjunto regional de espécies (BOZELLI *et al.*, 2018).

Figura 7: Aspectos hídricos – A –Área úmida com vegetação em B – dimensão espacial e visão oblíqua das áreas úmidas com vegetação no platô de Carajás em C - Lagoa perene na Floresta de Carajás, PA.



Fonte: Vidal, 2019; Inácio, 2022.

5.2.4. Solos e Vegetação

Os solos são formados pela desagregação das rochas, por meio do intemperismo químico, físico e biológico ao longo do tempo. Dessa forma, os solos são o resultado da ação climática sobre as rochas e os sedimentos, e da influência do relevo (LEPSCH, 2002). A ação do paleoclima, que geralmente era ácido favoreceu o arrasamento das rochas antigas da região de Carajás. Em partes do terreno, esse processo gerou uma complexa formação de depósitos de detritos que se solidificaram e cobriram a superfície dos terrenos (MAURITY E ZAPPI,

2017).

Esses depósitos de detritos foram sendo lentamente endurecidos com a cimentação causada pelos oxi-hidróxidos de ferro. Esses oxi-hidróxidos de ferro foram dissolvidos pelas águas das drenagens, precipitando e cristalizando conforme as águas secavam, especialmente durante períodos de seca. Dessa maneira, os detritos formaram agregados rígidos, semelhantes a uma rocha dura e de difícil penetração, chamada couraça laterítica ou canga que é a principal cobertura dos platôs da Serra dos Carajás (MAURITY E ZAPPI, 2017).

Porém, em outras partes da área não houve esse processo de laterização, devido à forte erosão do terreno, desenvolvendo as depressões em torno dos platôs, formando solos mais profundos e úmidos. Sendo assim, entende-se que ora os solos podem ser mais profundos quando se apresentam em área de floresta densa, e rasos quando estão nos campos rupestres.

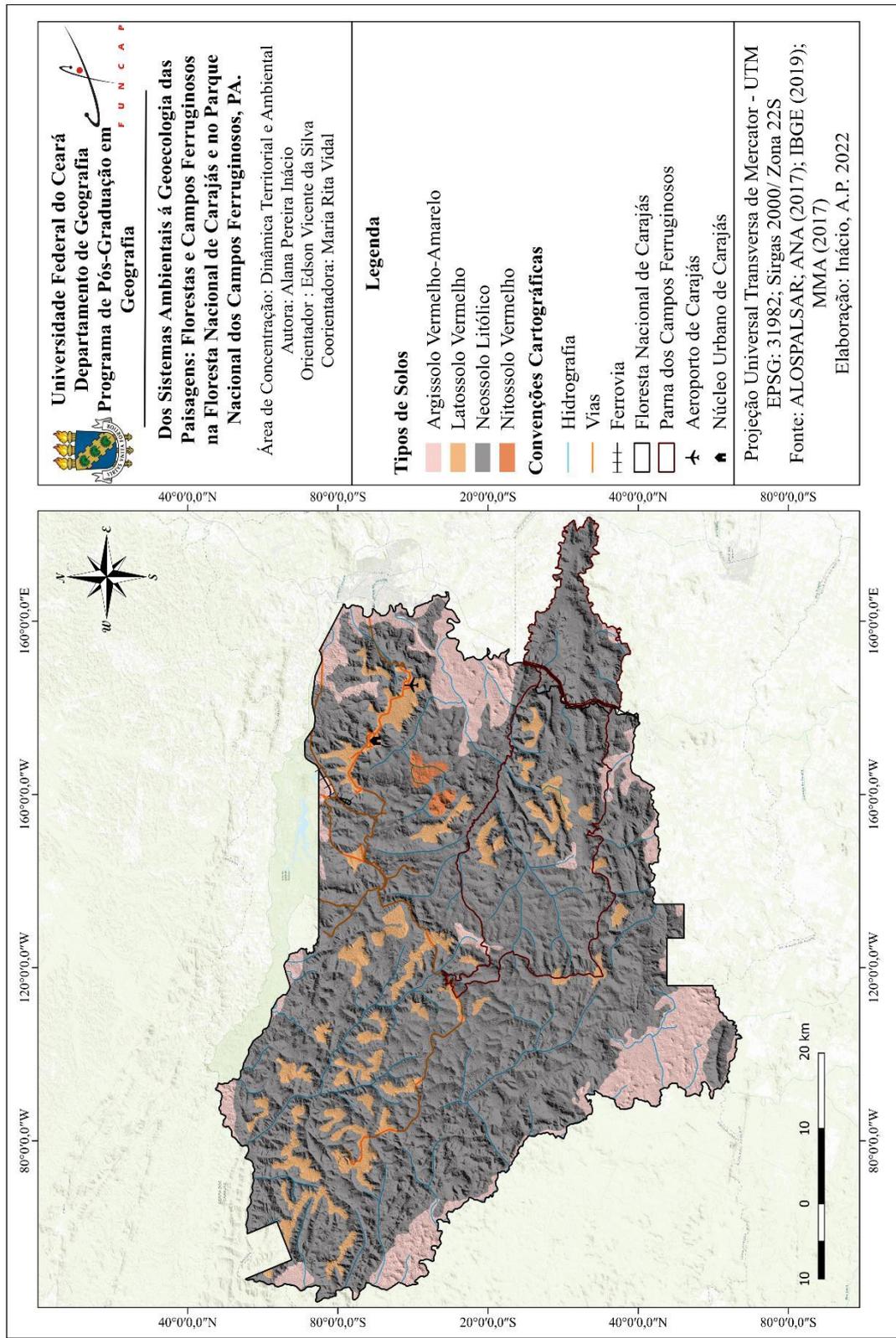
De acordo com o mapa pedológico (Mapa 7) pode-se identificar na área 4 tipos de solos, conforme ainda a Embrapa (2018), as classes de solos predominantes foram: Neossolos Litólicos seguido do Argissolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho e Nitossolo Vermelho.

A classe dos Neossolos Litólico possui horizonte A ou hístico, ausente diretamente sobre a rocha ou sobre o horizonte C ou Cr ou sobre material com 90%, por volume ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rochas com diâmetros maior que 2mm (cascalhos e matações), que apresentam um contato lítico típico ou fragmentário dentro de 50% da superfície do solo (EMBRAPA, 2018).

Os Argissolos Vermelho-Amarelo são medianamente profundos e moderadamente drenados, com horizonte B textural, de cores vermelhas e amarelas e de textura argilosa, abaixo de um horizonte A ou E de cores mais claras e textura arenosa ou média, com baixos teores de matéria orgânica (EMBRAPA, 2018).

Os Latossolos Vermelho são solos com matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B. Os Nitossolos Vermelho são constituídos por material mineral que apresentam horizonte B nítico abaixo do horizonte A. Esse mosaico de solo juntamente com a hidrografia foi responsável por constituir as diversas formações vegetais da área (EMBRAPA, 2018).

Mapa 7: Tipos de Solos da Floresta Nacional de Carajás e do Parana dos Campos Ferruginosos, PA.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

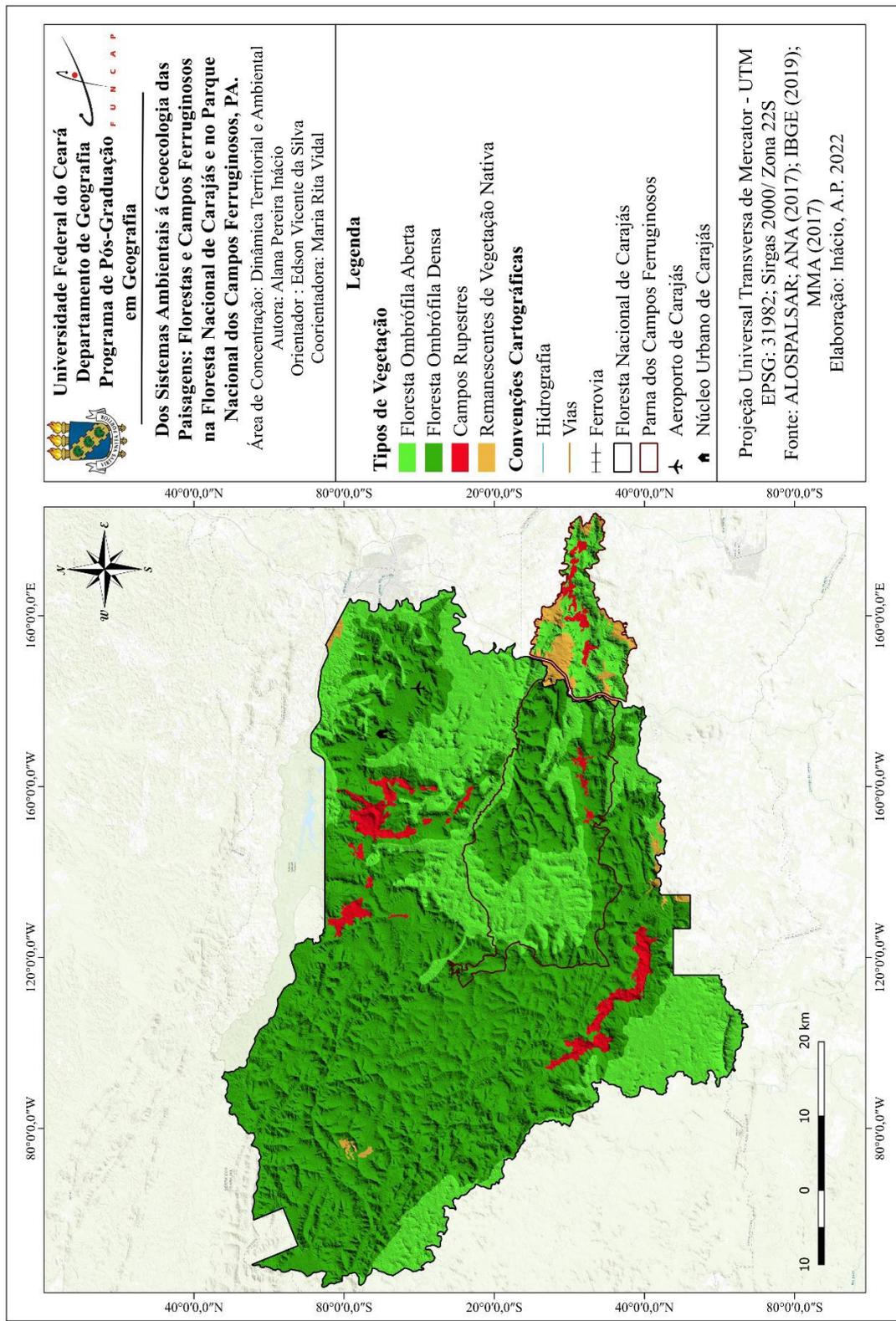
Segundo Viana *et al.*, (2016), a região de Carajás está inserida dentro do domínio fitogeográfico da Amazônia e abriga vegetação campestre, numa matriz dominada por formações florestais que variam desde as florestas ombrófilas até as estacionais, com diferentes graus de deciduidade, algumas com grande riqueza de trepadeiras e cipós.

Na área de estudo encontra-se quatro tipos de fisionomias distintas (Mapa 8), que variam de acordo com tipo de solo. Nos platôs, a vegetação se apresenta de porte arbustivo-herbáceo como os refúgios vegetacionais, que são vegetações relíquias com espécies endêmicas que persistem e se adaptam a situações especialíssimas de temperatura e oligotrofismo.

Já nas regiões de encostas encontra-se a Floresta Ombrófila Aberta, com características de lianas lenhosas, tendo um aspecto de torres folhosas desde a base, é conhecida como “mata-de-cipó”, mas quando encontrada nas encostas de relevo dissecado ocorrentes na Amazônia, a mesma aparece com um aspecto de “floresta-com-cipó” (IBGE 2012).

A Floresta Ombrófila Densa ocorre nos solos mais profundos localizados nas planícies e nos relevos mais suaves, constituída por lianas lenhosas e epífitas em abundância, que o diferenciam das outras classes de formações. As áreas de remanescentes de vegetação nativa são um tipo de vegetação que está em regeneração, devido a retirada da vegetação por formas de uso anteriores e também pelas ocorrentes queimadas que ocorrem no período seco. Esta área corresponde ao Parna dos Campos ferruginosos em áreas de antigas fazendas.

Mapa 8: Tipos de Vegetação da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos, PA.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

5.2.5. Fauna e Flora

A Flona de Carajás e o Parna dos Campos Ferruginosos possui um imenso patrimônio ambiental, o qual abriga uma grande e rica biodiversidade, incluindo espécies raras da fauna e flora. Tal fato, destaca essas unidades como uma das áreas que apresentam maiores diversidade da Amazônia. Por abrigar diferentes tipos de ambientes naturais, como florestas, áreas inundáveis e campestres, diferentes tipos de espécies se desenvolvem e se adaptam nas áreas de campos rupestres onde os solos são rasos, como é o caso da flor-de-carajás (*Ipomoea cavalcantei*) que é registrada apenas na Serra Norte, restringindo seu endemismo nos setores de N1, N2, N3, e a *Ipomoea marabaensis* que tem ocorrência em N4 e N5 (Figura 8). Podem ainda ser encontradas uma gama de orquídeas e bromélias em toda a extensão das áreas.

Figura 8: A - *Ipomoea cavalcantei*, B - *Ipomoea marabaensis*

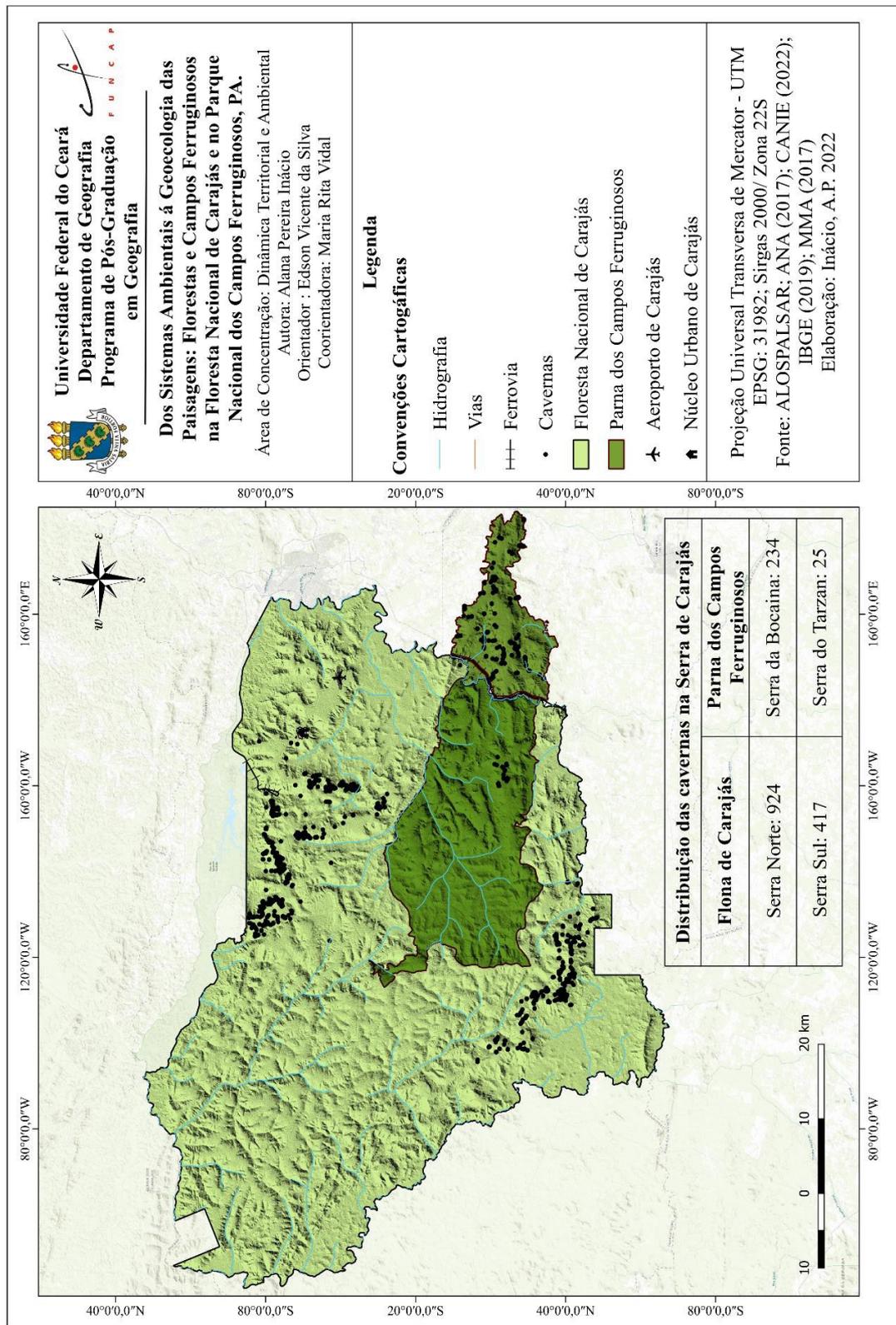


Fonte: Inácio, 2022.

Ao passo que se muda de ambiente, outras espécies da flora vão aparecendo, se estabelecendo sobre determinados tipos de solo, algumas palmeiras como os açaieros (*Euterpe oleracea*), buritis (*Mauritia flexuosa*) e outras ocorrem nas áreas alagadas. Destaque para a Castanheira, uma espécie em extinção que apesar de estar isolada na paisagem, está cada vez mais rara fora das áreas protegidas. Ocorrem diversas espécies de ampla distribuição na região, a exemplo do Pequiá (*Caryocar villosum*), da Itaúba (*Mezilaurus itauba*), da Timborana (*Piptadenia suaveolens*), entre diversas outras (ICMBio, 2016).

Muitas das espécies da flora servem como abrigo para a fauna que é muito rica e diversa, reunindo todos os grupos de insetos, peixes, répteis, anfíbios, aves e mamíferos exercendo papéis fundamentais na dinâmica do sistema de Carajás, contribuindo ainda para a conservação de ambientes naturais. As espécies de aves como a arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*) e o gavião-real (*Harpia harpyja*) chamam atenção pela beleza.

Mapa 9: Densidade de cavernas da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos, PA.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

Os mamíferos, em particular os morcegos, povoam as cavernas ferríferas de Carajás sendo de fundamental importância para a floresta circundante, pois atuam como dispersores de sementes, controlam populações de invertebrados, além de contribuírem para a manutenção dos ecossistemas. Por estas circunstâncias há estudos que sugerem que a região da Flona seja considerada prioritária para a conservação de mamíferos, sobretudo em razão dos morcegos (LEOPOLDO *et al*, 2020).

As cavernas são ambientes que abrigam os morcegos e outros animais, além de serem cobiçadas por sua riqueza mineral e ambiental (Figura 9). Elas são formadas pela a dissolução dos minerais pela intempérie ao longo do tempo e geralmente se encontram nas quebras dos relevos perto dos cursos de água (Mapa 9).

Dentre tantas existentes, podemos citar a caverna da “Janela Verde”, situada em NI que possui registros de ocupação humana. Segundo dados do CANIE (2022) existe mais de 1600 cavernas em toda a extensão das referidas unidades de conservação. O Parna dos campos ferruginosos é a unidade de conservação com maior número de cavernas ferríferas do Brasil abrigando grande quantidade de cachoeiras e outros atrativos (JALES; SCOSS; SOUZA, 2020).

Figura 9: Cavernas ferríferas no Parna dos Campos Ferruginosos, PA.



Fonte: Vidal, 2018.

6 UNIDADES GEOECOLÓGICA DE CARAJÁS: SÍNTESE E DIAGNÓSTICO

6.1 Sistemas Ambientais e Unidades Geoecológicas

A região de Carajás possui um mosaico de paisagens formadas através da interação dos elementos naturais e antrópicos que a modifica continuamente. O conjunto de formações florestais existentes que ora são mais densas e ora mais abertas, as formações campestres e os campos alagados fazem da área um sistema ambiental, visto que todos os seus elementos estão conectados com a dinâmica geoambiental e uso e ocupação do solo.

A intensa troca de matéria e energia ocasionada pela transição dos biomas Amazônico e Cerrado conferiu uma paisagem de exceção, em que há a formação de ilhas de vegetação campestre/arbustivas em uma lembrança distante das Caatingas de transição do Piauí que estão imersas em meio a vasta floresta (SCHAEFER, *et al*, 2018). Tal fato, caracterizou a região como uma zona de tensão ecológica, de intenso fluxo gênico em uma paisagem fragmentada, heterogênea e rica em habitats.

A paisagem é assim marcada pelo endemismo da flora e da fauna, diferentes tipos de geoambientes, cavidades naturais, solos com elevados níveis de oligotrofismo e uma rede de drenagem que alimenta todo o sistema e que está com o seu limite em parte preservado, apenas dentro da Flona de Carajás. Esse sistema que se encontra protegido é de suma importância para o equilíbrio sistêmico da região que está ameaçado pelas constantes modificações realizadas pela ação antrópica (VIDAL, *et al*, 2022). Dessa feita, entende-se que a paisagem é lida como um sistema essencialmente aberto que dispõem de funcionamento próprio, o qual estabelece relações entre os seus componentes dos meios físico e biótico. A organização dos sistemas ambientais está vinculada com estruturação e funcionamento dos seus elementos.

Por estarem interligados os sistemas ambientais mantêm constante circulação de matéria e energia e cumprem determinadas funções para que a estrutura e a organização espacial das paisagens sejam mantidas (VIDAL; MASCARENHAS; SILVA, 2022). Os mesmos ainda compõem a síntese das unidades geoecológicas por meio do agrupamento das áreas homogêneas que possuem características similares de fluxo e energia (VIDAL; DA SILVA, 2021). Na área de estudo, as paisagens foram agrupadas em três sistemas ambientais: Florestal, Fluvial e Ferruginoso (Tabela 2), delimitados a partir da topografia e da vegetação, para delimitar 5 unidades geoecológicas

Tabela 2: Sistemas ambientais na Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos, PA e suas métricas.

Sistemas Ambientais	Área total em km²	Área total em %
Sistema Florestal	387.696.154	89%
Sistema Fluvial	32.928.476	8%
Sistema Ferruginoso	10.036.251	3%

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

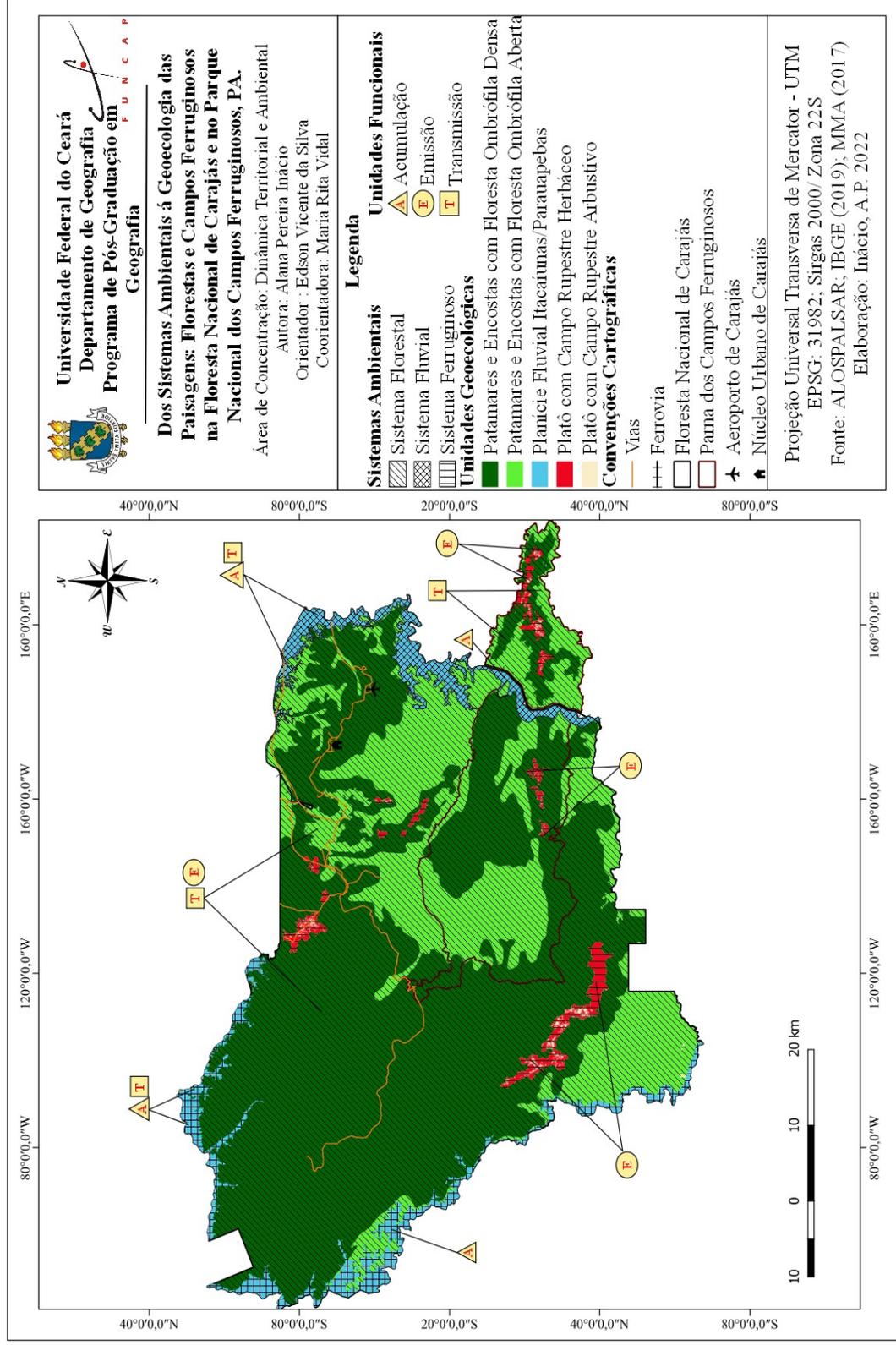
O Sistema Florestal é o que possui maior expressividade, localizando-se no topo e nas vertentes, com médias de cotas altimétricas que variam de 300 a 500 metros, detendo aproximadamente 89% da área, dinamizado pelas forças hidroclimáticas e morfológicas e que são delimitados por duas unidades geológicas: Patamares e Encostas com Floresta Ombrófila Densa e Patamares com Encostas com Floresta Ombrófila Aberta.

O Sistema Fluvial corresponde aos locais mais rebaixados (fundo de vales) do terreno em que condiz com rios, seus afluentes e pequenas lagoas que se formam, acumulando e absorvendo sedimentos provenientes das áreas mais elevadas. Possui cotas altimétricas de 100-200 metros e perfazem 8% da área correspondendo com a unidade geológica: Planície fluvial Itacaíunas/Parauapebas.

Por fim, o Sistema Ferruginoso que abrange as áreas mais elevadas, foi fortemente influenciado pelos aspectos climáticos pretéritos, o que lhe confere um tipo específico de substrato geológico. O sistema ferruginoso, torna-se essencial para o equilíbrio dinâmico da paisagem. Este sistema detém aproximadamente 3% das paisagens com topografias de 600 a 900 metros e é composta pelas unidades geológicas: Platô com Campo Rupestre Herbáceo e Platô com Campo Rupestre Arbustivo.

A relação existente entre os sistemas ambientais e as unidades geológicas revelam uma paisagem complexa com potencial ecológico em que sua dinâmica é expressa através de sua estrutura e geofluxos. Possuindo um alto grau de organização, os mesmos cumprem funções que possibilitam a estabilidade e seu equilíbrio sistêmico. As unidades geológicas foram descritas por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2022, p. 66) como “a individualização, tipologia e unidades regionais e locais da paisagem”. Para realizar os estudos em nível regional, a tipologia e a regionalização são fundamentais na análise paisagística, pois são elas que constituem a base para o estudo das propriedades espaço temporais dos complexos territoriais.

Mapa 10: Unidades Geocológicas da Floresta Nacional de Carajás e do Parua dos Campos Ferruginosos, PA.



Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

As unidades analisadas e cartografadas caracterizam-se por suas variadas trocas entre os processos físicos e biológicos, encontrando-se em constante interação por conta da topografia, hidrografia e de condições climáticas pretéritas e atuais, que permitiram o desenvolvimento de cada uma das mesmas sobre um determinado tipo de solo com características distintas como umidade, altitude e declividade (Mapa 10).

6.1.1 Patamares e encostas com Floresta Ombrófila Densa

Esta unidade possui uma área de 208.834,242 km², abrange 48% de toda a extensão dos locais estudados. Distribui-se em todas as partes, nos platôs, nas encostas das serras até aos locais mais rebaixados como os terraços fluviais, se estabelecendo em altitudes de 300-500 metros, com relevo forte ondulado (20-45%), elevada umidade devido ao alto índice de pluviosidade na região. Dessa forma, a pluviosidade e as elevadas temperaturas que chegam a 30°C são determinantes para a composição fisionômica dessa unidade.

Ocorre na região de Carajás, bem como na área de estudo sobre rochas metassedimentares, sob melhor condição microclimática que, por sua vez, permite o estabelecimento de espécies de maior porte de forma descontínua e uniforme. Fisionomicamente esta unidade apresenta-se com árvores próximas, o que dificulta a entrada de luz interior, com pouca incidência de cipós.

Se estabelece sobre solos mais profundos nas planícies e nos relevos mais suaves das áreas montanhosas (Figura 10). Abarca um mosaico de solos composto por Latossolos, Argissolos Vermelho-Amarelo e nas áreas mais acidentadas por solos de neoformação (Neossolos Litólico). A profundidade desses solos é que dá sustentação a uma floresta robusta, que é formada de grande biomassa e desprovida de cipós, sendo o sub-bosque ralo e bastante sombreado, com ocorrência de espécies adaptadas à baixa luminosidade (ICMBio, 2016).

Em função da densidade da floresta há uma baixa incidência direta da radiação solar, o que ameniza a evapotranspiração e aumenta a umidade. Nesta fisionomia a rede de drenagem é de baixa densidade, haja vista que as copas das árvores dificultam a entrada de água das chuvas no sistema.

Figura 10: Floresta Ombrófila Densa com seus patamares e encostas– Floresta Nacional de Carajás- PA.



Foto: Inácio, 2022.

6.1.2 Patamares e encostas com Floresta Ombrófila Aberta

Representando 41% e com uma área de 178.861.912 km², esta unidade se estabelece sobre rochas de origem meta vulcano-sedimentar, podendo ser encontrada nos segmentos das encostas compreendidos entre a borda dos platôs e o início dos segmentos de influência fluvial, onde ocorrem as planícies ou os baixos terraços. Está posicionada num relevo ondulado com declividades entre (8-20%) com altitudes superiores a 200 metros.

Caracteriza-se por apresentar árvores de grande porte, isso devido a maior luminosidade que adentra a floresta permitindo que essas espécies se desenvolvam (Figura x), elas são bastante espaçadas, com grande quantidade de cipós e palmeiras que obstruem o interior da floresta (CAMPOS e CASTILHO, 2012). Este tipo de floresta é conhecido como mata-de-cipó ou como floresta ombrófila com liana, visto que é caracterizada pelo crescimento de cipós que entremeiam os caminhos tornando este tipo de mata um dos ambientes mais difíceis de penetrar (ZAPPY, VIANA e GIULIETTI, 2017).

A altura das árvores é bastante irregular, enquanto que nas áreas mais planas a fisionomia desta vegetação se mostra bastante aberta com árvores que ultrapassam os 20 metros, sendo completamente coberta por lianas lenhosas (Figura 11), nas encostas as árvores são mais altas com mais de 25 metros e mais densamente distribuídas (IBAMA, 2003). O fato de as árvores serem espaçadas possibilita maior entrada dos raios solares e da água da chuva, o que resulta na alimentação dos canais intermitentes e na lixiviação dos solos, maior quantidade de matéria orgânica, serrapilheira e sedimentos.

Figura 11: Patamares e encostas com Floresta Ombrófila Aberta – Floresta Nacional de Carajás- PA.



Fonte: Inácio, 2022; Vidal, 2018.

A unidade possui os seguintes solos: Argissolos Vermelho-Amarelo e Argissolos Vermelhos, sendo drenados e profundos, enquanto que os Neossolos que também recobre esta floresta são solos rasos, mal drenados, e com alto teor de ferro, pouco evoluídos e sem a presença do horizonte diagnóstico. A drenagem se apresenta de forma subsuperficial nos primeiros solos, sendo mais sujeitos a erosão.

6.1.3 Planície fluvial Itacaíunas/Parauapebas

As bordas da Flona de Carajás são margeadas pelos rios Itacaíunas e Parauapebas e por pequenos afluentes derivados dos mesmos (Figura 12). Com uma área de 32.928.476 km² essa unidade compõe 8% do local estudado. A planície fluvial está localizada nas áreas mais rebaixadas, sendo composta por um relevo plano (0-3%) de declividade, com altitudes entre 100-200 metros, na qual há predominância de argissolos.

Nesta unidade, encontram-se dois tipos de vegetação, a mata de vargem ou floresta ombrófila inundada, que é encontrada nas proximidades dos rios e que é constantemente fertilizada pelas águas que sobem durante a estação chuvosa e baixam na estação seca e a mata de igapó que acompanha os rios mais estreitos da área com árvores que atingem 30 metros de altura, incluindo as palmeiras como o açaí (*Euterpe oleracea*), buriti (*Mauritia flexuosa*) e a buritirana (*Mauritiella armata*) (ZAPPI, VIANA e GIULIETTI, 2017).

Contudo, em uma parte da área correspondente a Rio Parauapebas próximo à estrada de Ferro Carajás, no Parna dos Campos Ferruginosos predomina fragmentos de vegetação secundária em diferentes estágios sucessionais, que se encontram em uma porção na Serra da Bocaina, em antigas áreas de fazendas que foram desapropriadas para a criação do Parque.

Além das marcas do uso antrópico nesta vegetação em fase de recuperação, os incêndios e o desmatamento ainda são dois grandes desafios para a recuperação total desta vegetação.

Figura 12: Rio Parauapebas e Itacaíunas, Floresta Nacional de Carajás, PA.



Fonte: Inácio, 2023; Vidal, 2019.

6.1.4 Platô com Campo Rupestre Herbáceo

Os Campos Rupestres Ferruginosos podem ser divididos em duas fácies distintas, correspondendo a duas fisionomias diferentes que se destacam na Serra de Carajás e que estão associadas aos afloramentos rochosos, os Campos Rupestres herbáceos que são mais abertos e baixos, e os Campos Rupestres Arbustivos, ambos podem ser diferenciados a partir da dinâmica pedoclimática (NUNES, 2009).

Os Campos Rupestres herbáceos ocorrem em 2% em uma área de 8.738.231 km² nas porções das serras que são designados de platôs, que são os locais de maior elevação, cujo topo apresenta relevo plano e suavemente ondulado com altitudes que ultrapassam os 700 metros. Segundo Nunes (2009, p.24), “os Campos Rupestres herbáceos são compostos por espécies do estrato subarbustivo-herbáceo que apresenta alta riqueza florística, estando sob área de afloramentos rochosos de jaspilitos onde o solo é friável e não ultrapassa os 5 cm de profundidade”. Nesta unidade, há o predomínio de grandes extensões de graminhas, ervas e

subarbustos espaçados nos solos de canga que contrasta com a floresta, em alguns trechos a vegetação torna-se rarefeita ficando as rochas ferríferas desnudas de vegetação.

Como o clima é o fator dominante nesta unidade, a vegetação se apresentará de duas maneiras durante o ano (Figura 13), nos meses chuvosos o que aparecerá na paisagem será uma vegetação de aspecto verde com muitas espécies floridas, enquanto que no período seco o cenário muda, pois, a maioria das espécies herbáceas perdem as folhas e o estrato gramíneo seca ou paralisa seu crescimento (SCHAEFER *et al*, 2018).

Figura 13: Aspectos do Campo Rupestre Herbáceo na estação chuvosa – Floresta Nacional de Carajás- PA.



Fonte: Inácio, 2022.

No platô onde a cota topográfica alcança os mais de 800 metros, o que prevalece é os afloramentos de canga, onde a camada de solo é praticamente inexistente, havendo apenas um pequeno acúmulo de matéria orgânica nas fendas da canga, por conta disso, uma pequena quantidade de espécies consegue se desenvolver e se adaptar nesses lugares onde a sobrevivência é um verdadeiro desafio (ZAPPI, VIANA e GIULIETTI, 2017).

Na estação seca, as elevadas temperaturas que atingem as rochas e a deficiência hídrica do solo são fatores importantes que impedem o desenvolvimento de uma vegetação de grande porte (Figura 14), e muitas das espécies que crescem tem um período vegetativo curto e reduzido, apenas ao período chuvoso, tendo em conta que ao cessar as chuvas não haverá retenção de água no solo.

As graminhas que conseguem sobreviver às áreas de Neossolos Litólicos rasos, ácidos e pobres em nutrientes possuem mecanismos ecofisiológicos especializados, o que lhes possibilitam manter a produção de fotossintéticos mesmo em longos períodos de alta insolação e deficiência de água (SCHAEFER *et al.*, 2018).

Figura 14: Aspectos do Campo Rupestre Herbáceo em A – áreas que mantêm a umidade mesmo na estação seca e se mescla com áreas de buritizais, em B vasta área de cangas com exposição do solo (Nitossolos) e em C áreas de campos rupestre com representações da espécie de *Vellozia*.



Fonte: Vidal, 2019.

6.1.5 Platô com Campo Rupestre Arbustivo

Os Campos Rupestres Arbustivos circundam os Campos Rupestres Herbáceos e possuem uma faixa menor comparada a unidade anterior, estando em apenas 1% numa área que corresponde a 1.298.020 km². Se estabelecem em locais topograficamente mais baixos, com altitudes acima de 600 metros, em relevo escarpado e que é também condicionada pelo clima. A fisionomia nesta unidade se apresenta com estrato arbustivo com notável homogeneidade, isso porque houve maior grau de fraturamento da canga e mais acúmulo de solos, permitindo assim o aprofundamento de raízes e o desenvolvimento de uma vegetação mais desenvolvida (NUNES, 2009).

Os Campos Rupestres Arbustivos possuem espécies com circunferência igual ou maior que 15 cm a altura do peito (Figura 15), que ficam recobertos por uma pequena lâmina de água na época de chuvas por causa das áreas de drenagem e escoamento lento da água das chuvas. Entre as espécies que podem ser encontradas nesta unidade é a *Ipomoea cavalcantei* e a *Ipomoea carajasensis*.

Essa unidade está associada aos mesmos Neossolos Litólicos encontrados nos Campos Rupestres Herbáceos, só que um pouco mais profundos, havendo uma alternância de faixas ora mais rasas, ora mais profundas, indicando a atual morfogênese ativa nos platôs. As mudanças no padrão da fisionomia ocorrem de acordo com a estação, onde no período chuvoso os arbustos ficam verdes e com as espécies floridas e no período chuvoso a

vegetação se assemelha com a Caatinga com forte escleromorfismo e xeromorfismo, e elevado grau de caducifolismo da vegetação. Suportam amplitudes térmicas diárias acentuadas, incidência frequente de fogo, alta exposição solar e ventos constantes.

De formação descontínua, a maior parte de sua concentração está nas áreas de platôs da serra da Bocaina e do Tarzan que marcam os divisores de água da Serra de Carajás, abrigando um número significativo de cavidades em ferro, com um imenso patrimônio espeleológico de alta relevância.

Figura 15: Aspectos do Campo Rupestre Arbustivo com representação em A - para a flor de Carajás e em B- para o estrato arbustivo ao fundo na imagem, Floresta Nacional de Carajás – PA.

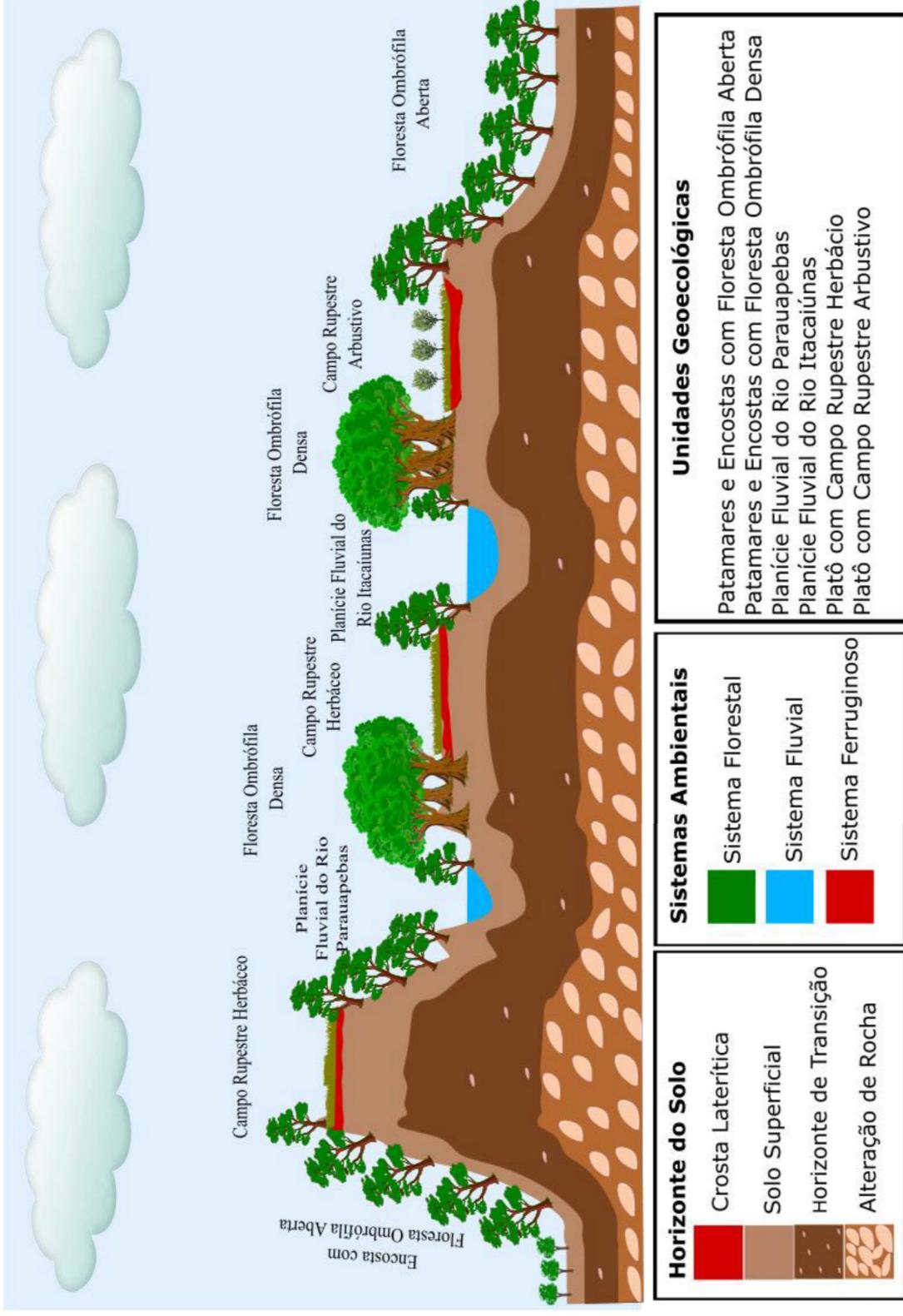


Fonte: Vidal, 2019.

Os sistemas ambientais e as unidades geocológicas estão conectados e revelam uma dinâmica intensa típica dos ambientes tropicais, em que os condicionantes ambientais estão em constante interação, em que as oscilações de temperatura, o alto nível de pluviosidade, a biodiversidade e a geodiversidade fazem deste pequeno recorte estudado um lugar único e vislumbrado por diferentes tipos de olhares, seja pelas ações de preservação e/ou para o avanço do capital.

Como todos esses componentes estão interligados e para melhor entender como as unidades estão dispostas na paisagem foi elaborado o perfil geocológico (Figura 16), como uma forma de representar todos os seus elementos. Os perfis geocológicos são formas de representação que buscam demonstrar os pontos de vista horizontal e vertical da paisagem, possibilitando a análise dos seus elementos e inter-relações sistêmicas (RODRIGUES e SILVA, 2021).

Figura 16: Perfil Geocológico da paisagem da Floresta Nacional de Carajás e do Parua dos Campos Ferruginosos, PA.



Fonte: Elaborado por Freitas e Inácio, 2022.

6.2 Potencialidades e limitações

6.2.1 Potencial Natural e Paisagístico

No tocante às potencialidades naturais locais, dentre as unidades geocológicas delimitadas, destaca-se os patamares com florestas ombrófilas densas e abertas, que para além da excepcional beleza cênica e paisagística, influenciam no clima, auxiliam na regularidade das precipitações e da temperatura e no fluxo de água nos solos, apresentam elevada biodiversidade, e é um dos poucos fragmentos que ainda restam no Pará em bom estado de conservação.

A Flona e o Parna têm em sua extensão grande parte da floresta em pé e preservada, e resguarda espécies da flora e da fauna ameaçadas de extinção (Figura 17). É nesta floresta que ainda restam poucas espécies do Gavião Real (*Harpia Harpyja*) e da Arara Azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*), sendo também um recurso potencial para medicamentos que podem ser formulados diretamente das plantas, como é o caso dos colírios formulados a partir da pilocarpina que é uma substância retirada das folhas do Jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*).

Figura 17: Arara Azul, Gavião Real e Onça Pintada, Floresta Nacional de Carajás, PA.



Fonte: João Marcos, Vidal (2020).

A paisagem de uma floresta pode ser percebida pelos seus cheiros e sons, o que proporciona a experiência da contemplação. Na área de estudo isso pode ser concretizado através do circuito de trilhas, no qual os turistas têm a oportunidade de caminhar pela floresta e se conectar com a natureza (Figura 18). No percurso desse circuito, os turistas têm contato com as espécies arbóreas mais comuns na unidade, como a Castanheira (*Bertholletia excelsa*), Timborana (*Pseudopiptadenia psilostachya*), Pequiá (*Pilocarpus microphyllus*) etc., sendo possível observar e ouvir o som das aves.

Figura 18: Circuitos de Trilhas na Floresta Nacional de Carajás



Fonte: Inácio, 2022.

A visibilidade das belezas naturais da floresta ainda pode ser contemplada por meio de mirantes. Destaca-se na paisagem da área de estudo, no Parna do Campos Ferruginosos o mirante natural da Harpia (Figura 19), uma formação rochosa em granito que permite uma vista magnífica da floresta numa altitude de cerca de 600 metros e o mirante do Vale do Rio Azul que em virtude da elevação chegar a mais de 700 metros, possibilita uma visão privilegiada da floresta densa ao redor do Rio Azul, que é um afluente do rio Itacaiúnas.

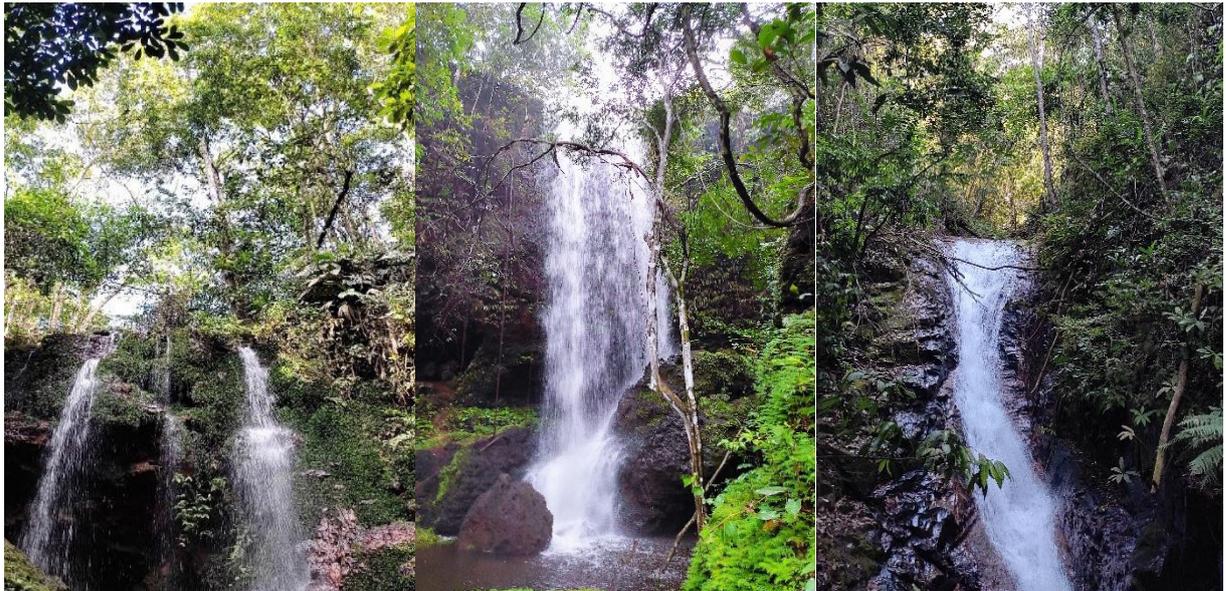
Figura 19: Mirante da Harpia, Parna dos Campos Ferruginosos



Fonte: Silva, 2022.

As cachoeiras em meio a floresta também são atrativos naturais que chamam bastante atenção dos turistas e que fomentam o ecoturismo na área (Figura 20). Na Flona, a cachoeira “Será que Volta” é ótima para praticantes de atividades radicais, visto que o grau de dificuldade da trilha para chegar até ela é alto, devido o terreno ser muito íngreme. Já, a “Cachoeira de Inverno” é a mais visitada que é a de águas claras no Parna dos Campos Ferruginosos.

Figura 20: Cachoeiras em Carajás: “Cachoeira Será que Volta”, de “Inverno” e “Águas Claras”.



Fonte: Inácio, 2022.

6.2.2 Potencial Turístico e Científico

O ecoturismo ou turismo em áreas naturais tem crescido muito nos últimos anos,

impulsionado pela ideia de desenvolvimento sustentável (CAMARGO e COELHO, 2021). O ecoturismo é “o segmento da atividade turística que utiliza, de forma sustentável, o patrimônio natural e cultural, incentiva sua conservação e busca a formação de uma consciência ambientalista por meio da interpretação do ambiente” (MINISTÉRIO DO TURISMO, 2010, p.17).

Neste sentido, o ecoturismo, também se revela enquanto uma grande potencialidade da área de estudo, tendo em vista que a Flona recebe muitos visitantes durante todo o ano, sendo uma das unidades de conservação do estado mais procurada para o lazer, devido seus atrativos naturais.

A presença dos campos rupestres em alto grau de preservação é um dos pontos que chamam atenção do turista, devido sua particularidade e por está restrito em poucas áreas do Brasil. Marcado pelo endemismo e por um tipo de solo com alto teor de ferro, o mesmo se destaca na paisagem por abrigar uma biodiversidade adaptada a altas temperaturas, bem como também por possuir grande quantidade de cavernas, lagoas e a beleza da flor de Carajás que é endêmica da região e que pode ser contemplada principalmente nos períodos chuvosos (Figura 21).

Figura 21: Campos Rupestres e Caverna Janela Verde



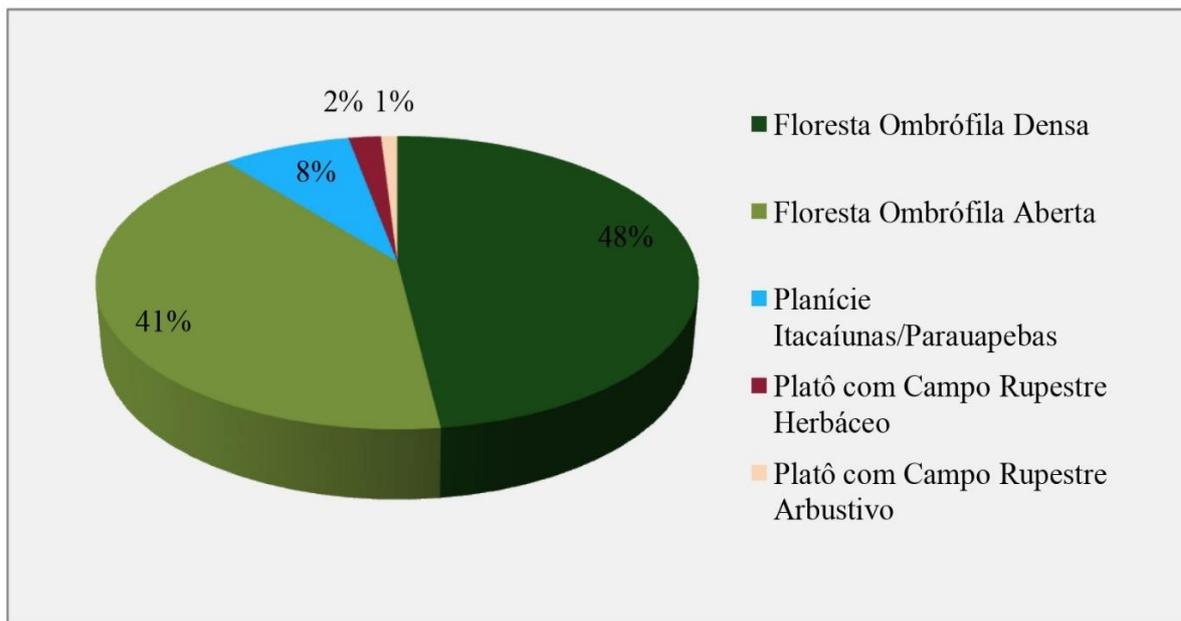
Fonte: Inácio, 2022.

Todas essas características propiciam pesquisas científicas, o que faz desse ambiente um objeto de estudo de muitos pesquisadores de diferentes universidades, que procuram por respostas da sua gênese, a relação entre a pedogênese e a composição florística, bem como da sua funcionalidade dentro do sistema ambiental de Carajás. Sendo assim, ele acaba sendo um laboratório natural para pesquisas de diversos cursos da área ambiental.

6.3 Formas de usos e problemas ambientais da paisagem

A paisagem da Flona de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos é constituída por diferentes sistemas e unidades, onde as diferentes formas de usos e ocupação dessa paisagem geram mudanças. A distribuição das unidades (Gráfico 2) demonstra que o que prevalece é a floresta e por estar em contato com áreas rupestres e fluviais leva a geração intensa de matéria e energia.

Gráfico 2: Distribuição do percentual das unidades geocológicas da Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos, PA.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

Estas são marcadas pela interação entre os fluxos de espécies, hídrico, de energia e de nutrientes dentre outros, que interatuam através de fatores com predomínio nas regiões tropicais como pluviosidade, temperatura e umidade, cumprindo funções ecológicas de fundamental importância dentro do sistema.

Contudo, a ocupação das terras vem imprimindo na paisagem formas de uso (Figura 22) que tem levado a alterações significativas e parte da dinâmica ambiental existente vem sendo modificada pela interferência humana, levando a mudança de funções e serviços.

Os Campos Rupestres constituem uma das situações em que a relação da mineração com a conservação é bastante contrastante, pois é em parte dessas áreas que a atividade da mineração está concentrada e como qualquer outra atividade a mesma gera muitos impactos no ambiente. Profundas modificações na paisagem constituem um dos impactos ambientais mais significativos em minerações de ferro, que em Carajás ocorre com minas a céu aberto. As alterações vão desde o rebaixamento da superfície e do lençol freático devido às cavas com centenas de metros de profundidade, a supressão da vegetação e alteração dos recursos

hídricos para implantação de estruturas de barragens e pilhas de estéril, e mesmo a alterações dos aspectos paisagísticos (MARTINS; CARVALHO; RIBEIRO, 2018).

A mineração é a principal atividade exercida no local e esta tem gerado alguns impactos como a fragmentação da paisagem desde a mina a céu aberto, da abertura de estradas, da construção do núcleo urbano, aeroporto e da ferrovia. De acordo com Vidal e Silva (p. 369, 2022), “a permanência da ferrovia, as construções de rodovias federais (BRs), e a instalação de redes de distribuição de energia de alta tensão são canais de fluxos que abrem caminhos nas áreas de florestas, entrecortam terras indígenas e inserem desequilíbrios na dinâmica e no funcionamento das paisagens”.

Outra atividade que causa muitos impactos é a agropecuária, tanto dentro como no entorno das unidades, e que substitui grandes áreas de florestas em pastos para a criação de gado, o que tem provocado a perda da biodiversidade nativa junto com uma série de serviços ecossistêmicos reguladores do ambiente (MENDONÇA *et al*, 2023).

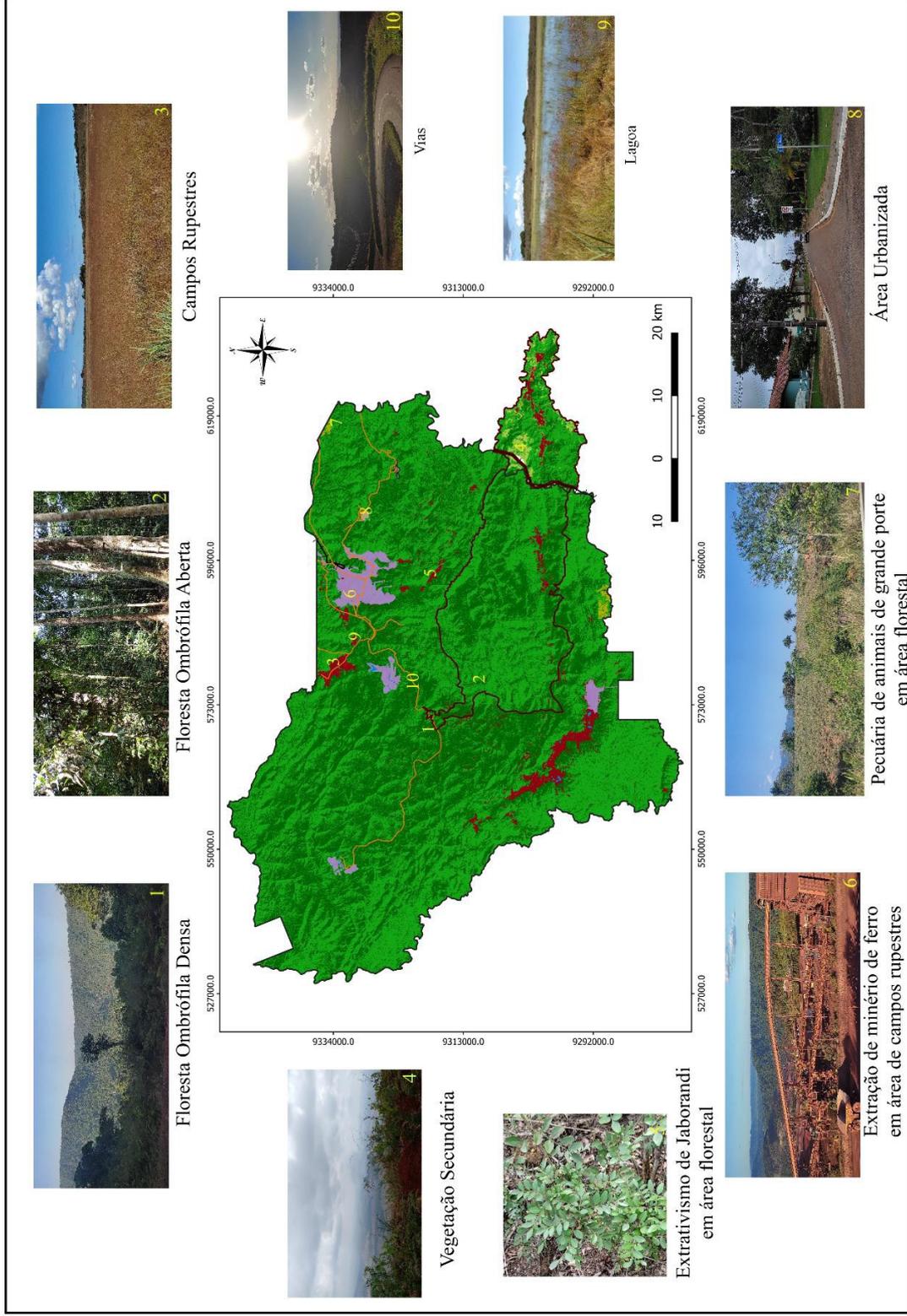
O uso do fogo como uma prática inadequada para a chamada limpeza de terreno, nos períodos secos, utilizada pelos proprietários das fazendas ocasiona muitas das vezes grandes incêndios florestais difíceis de serem controlados e que acaba adentrando as unidades de conservação de Carajás, causando grandes danos a biodiversidade. A caça e a pesca ilegal são também outras práticas que tem afetado essas UCs, haja vista que a prática exercida de forma predatória leva o desaparecimento de espécies endêmicas da região.

O extrativismo do Jaborandi é uma atividade sustentável que acontece tanto nas áreas de florestas, quanto nas de canga, os folheiros (denominação para os coletores das folhas do Jaborandi) coletam as folhas de Jaborandi entre os meses de outubro a abril, que é o período chamado de entressafra e as comercializam através de cooperativa para as indústrias farmacêuticas (COSTA, 2012). Apesar de ser uma atividade sustentável não é correto falar em impacto zero na coleta de produtos não madeireiros. Os impactos podem variar de acordo com a parte da planta coletada, regime de manejo e quantidade explorada (TICKTIN, 2004).

Dessa forma, subentende-se que existem atividades relacionadas com o uso da terra que estão pressionando fortemente as unidades de conservação estudadas, bem como todo o mosaico Carajás.

As transformações e pressões sobre as unidades do mosaico e seu entorno podem ser atribuídas ao forte fluxo migratório e as alterações nas configurações sociais que estão associadas à mineração, a caça ilegal, a retirada de madeira da floresta, dentre outros (Figura 22).

Figura 22: Formas de uso e ocupação das unidades geocológicas da Floresta Nacional de Carajás e PARNA dos Campos Ferruginosos, PA.



Fonte: Elaborado por Santos e Inácio, 2022.

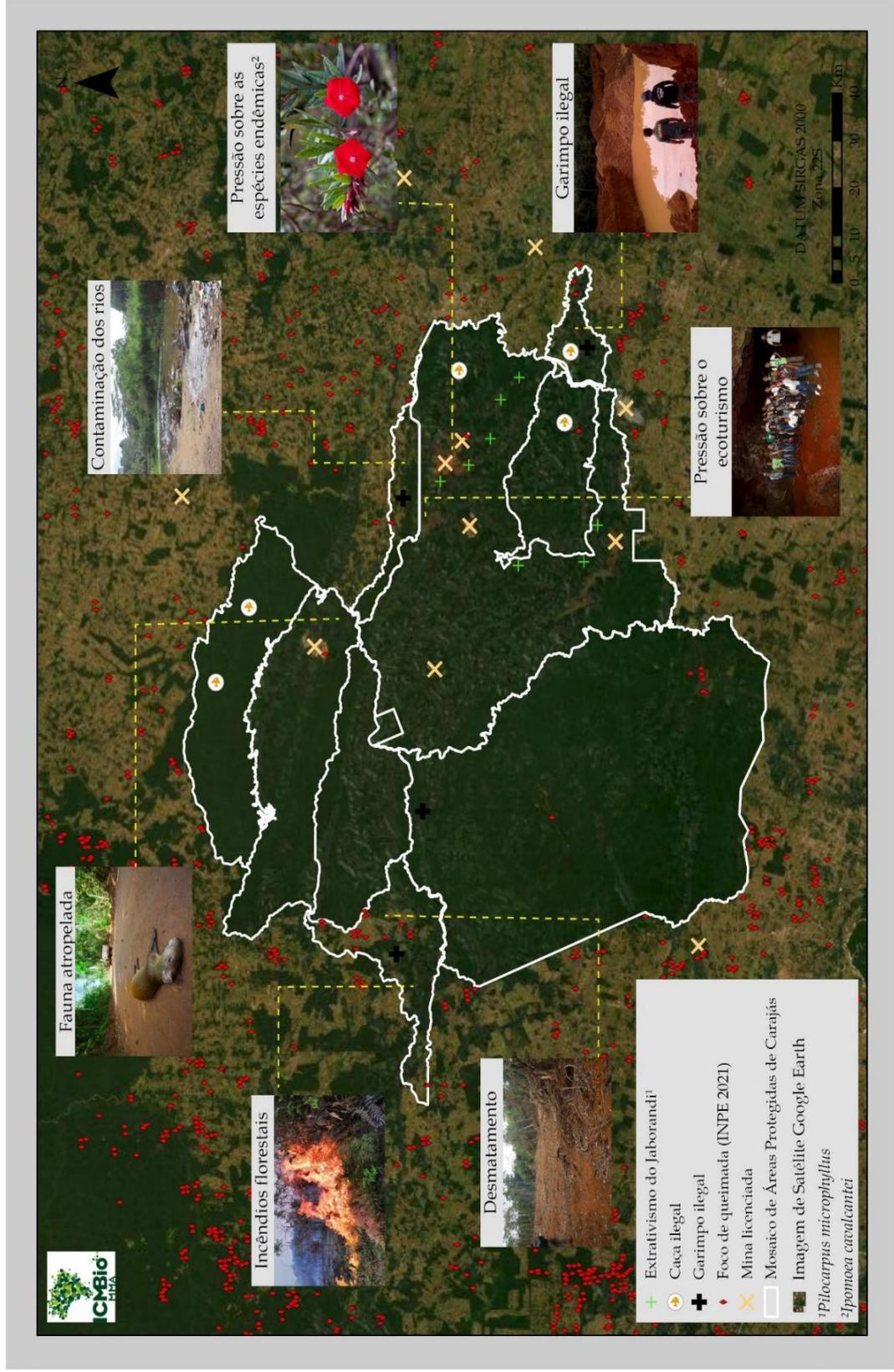
Por sua vez, os impactos dentro da Flona de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos (Figura 23) tem causado pressão ao ecoturismo nas áreas de canga em N1 e também sobre as espécies endêmicas como a *Ipomoea Cavalcantei* que tende a desaparecer com a expansão da mineração e a ameaça do garimpo ilegal dentro da Serra da Bocaina.

No tocante as outras unidades de conservação que compõem o mosaico Carajás, estudos realizados já apontam para pressões significativas aos sistemas ambientais. Segundo Vieira (2023), ainda podem ser citados os impactos sobre os castanhais da FLONA do Tapirapé Aquiri, as ameaças sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas, onde estão situadas todas as barragens dos empreendimentos minerais de Carajás e os conflitos sociais no entorno das UCs. O entorno do mosaico tem sido fortemente degradado pela agropecuária e pela ocupação humana, e isso tem potencializado o processo de transformação das áreas protegidas em ilhas de vegetação nativa (MARTINS, 2012; GUILLEN-LIMA et al., 2019). Embora, ocorra todos esses problemas as Ucs ainda possuem alta efetividade de gestão o que tem propiciado a conservação e proteção, sobretudo, do desmatamento.

Desse modo, a interferência do homem a partir da mineração, do extrativismo, da pesca, da caça ilegal, da retirada de madeira leva a degradação dos ambientes de canga, e a pastagem tem destruído os remanescentes florestais. As ações modificadoras que ocorrem no entorno da Flona e do Parna também tem influência direta na modificação dos seus aspectos naturais e sociais, o que mostra a importância da elaboração de propostas para a diminuição dos efeitos das pressões antrópicas sobre as unidades, a fim de que haja o controle e mantenha o equilíbrio e funcionamento do sistema.

A conciliação entre a conservação ambiental e as atividades mineradoras previstas no decreto de criação da Flona de Carajás leva a necessidade de realizar o zoneamento ambiental da unidade para orientar a definição dos tipos de usos em cada parte da área. O primeiro zoneamento que foi elaborado data de 2006, tendo a sua atualização e publicação em 2016. Nessa última atualização do zoneamento foi definido (sete) zonas, a saber: Preservação, Primitiva, Uso Público, Uso Especial, Manejo Florestal Sustentável, Mineração e Uso Conflitante (ICMBio, 2016). A área zoneada não abarca parte do Parna dos Campos Ferruginosos que corresponde a Serra da Bocaina. Assim, é de suma importância que haja a elaboração do Plano de Manejo do Parna e também a definição do zoneamento ambiental para disciplinar o uso do solo. Neste contexto, enfatiza-se que o Zoneamento é de fundamental para o gerenciamento territorial da atividade econômica, pois funciona como um conciliador de conflitos entre o desenvolvimento e a defesa do meio ambiente (SOUZA, 2013).

Figura 23: Impactos ambientais no mosaico de Carajás, PA.



Fonte: Azevedo, 2022.

“O Zoneamento visa circunscrever e condicionar a ocupação territorial, por meio de regras e normas determinadas a partir de estudos sistematizados das características, fragilidades e potencialidades do meio ambiente de uma área” (ARAÚJO, 2006, p. 67).

6.4 Enfoque estrutural e funcional da paisagem

Cada paisagem é composta por forças e funções que a dinamizam. Assim, as unidades geológicas que foram delimitadas e descritas a cima desempenham funções particulares que asseguram a estrutura e funcionamento da paisagem da Flona e do Parna. O entendimento das estruturas e funções levam a compreensão das dinâmicas e das mudanças que ocorrem na paisagem, como os processos de auto regulação e manutenção do seu estado atual, para a presente análise, a estrutura e o funcionamento são enfoques importantes.

A estrutura da paisagem se caracteriza pela forma de sua organização interior, consiste em explicar como se combinam os seus componentes para dar lugar as formações integrais. É um elemento relativamente estável, que se apresenta através de feições espaciais observáveis e mensuráveis e é classificada em dois tipos: vertical e horizontal (RODRIGUEZ; SILVA e CALVANTI, 2022).

A estrutura vertical é formada pela composição e inter-relações entre os elementos e componentes da paisagem no sentido vertical (geologia, geomorfologia, clima, hidrologia, solos, cobertura vegetal), tendo suas funções influenciadas principalmente pela força da gravidade (VIDAL e MASCARENHAS, 2019). Nessa perspectiva não se consegue visualizar, mas consegue mensurar a relação dos processos que ocorrem na paisagem, seja nas relações que se sucedem na gênese do solo, no escoamento, infiltração e percolação de água, na evapotranspiração, nos fluxos gênicos da floresta, etc. Altitude e os graus de dissecação do relevo, conferem dinâmicas para a área de estudo, na qual a estrutura pode ser expressa pela formas e direções estabelecidas pela morfologia.

Com altimetria mínima de 100 metros com topos com aproximadamente 750m, as declividades forte onduladas (20-45%) têm a maior ocorrência na área, e equivale aos trechos escarpados, com densidade de drenagem, conferindo dinâmica na mobilização de fluxos e matérias com expressiva participação da dinâmica fluvial do rio Itacaúnas, seguidos por seus afluentes Parauapebas, que corta a parte leste da Serra Sul, o Azul, Cinzento, Águas Claras, Anta e Tapirapé.

Nos platôs, verifica-se topos planos no qual os processos pedogenéticos pretéritos atuaram de forma incisiva para a composição de latossolos, nitossolos e neossolos, onde estão concentradas as camadas superficiais laterizadas (carapaças lateríticas), recobertas por amplas

formações ferruginosas.

Nas florestas ombrófilas abertas e densas, o modelado é expresso pela dissecação, caracterizado por formas de relevo com topos estreitos e alongados, são resultantes da interceptação de vertentes de declividade acentuada, entre as florestas e os platôs com canga, tem-se a área de dissecação homogênea convexa marcada por vales bem definidos e vertentes de declividades variadas, entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem

A estrutura horizontal representa a integração espacial das paisagens desde o nível inferior ao superior. Vidal e Silva (2021, p. 06), afirmam que essa estrutura é “representada por elementos que se repetem na organização dos componentes e processos, sendo expressa pelo arranjo ou padrão espacial da paisagem, como: formas e orientações dos contornos, tamanho e correlações”, ela expressa as formas e os contornos geométricos da paisagem.

Como cada paisagem detém um padrão estrutural específico, a área de estudo em foco dispõe de um mosaico de unidades que interagem entre si, através dos principais fatores já listados que são a geologia, topografia, clima e solos. Os campos rupestres se destacam e a estrutura horizontal pode ser representada por meio da secção da área para a construção de perfis topográficos que podem ser vistos na figura 24.

Na estrutura estão contidos os processos funcionais que são responsáveis por promover a dinâmica da paisagem. A estrutura funcional se constitui como um processo na qual cumpre suas funções, ações e determinado trabalho, ocorrendo através do intercâmbio de substâncias e energia na interação dos componentes, atuando como forças abstratas que agem mobilizando a paisagem (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2022).

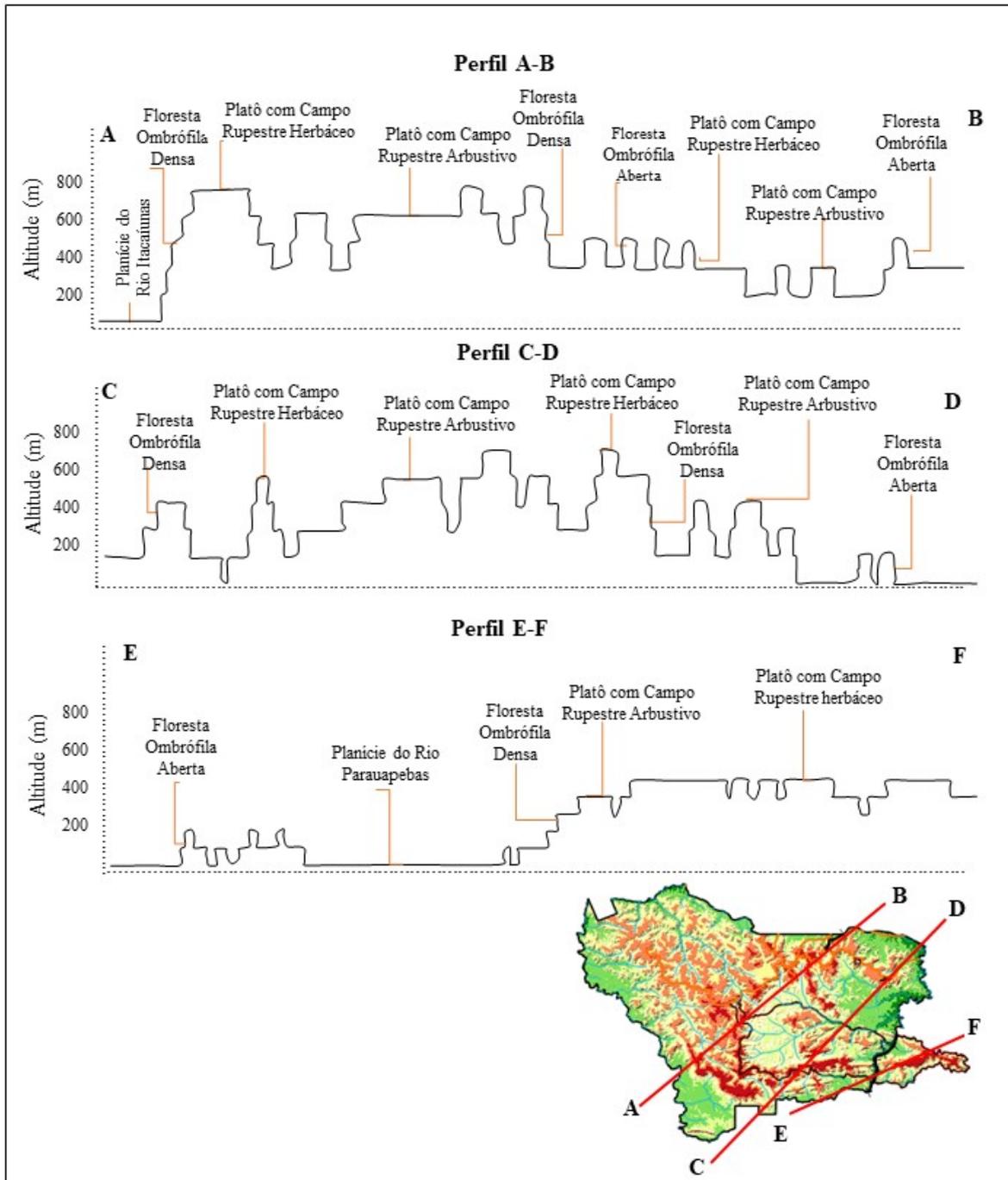
A partir do enfoque de funcionamento, pode-se delimitar as unidades funcionais da paisagem em três categorias: Unidades Acumuladoras; Unidades Transmissoras e Unidades Emissoras (Mapa 10). Elas estão representadas na figura 25.

Na área de estudo os sistemas ambientais e as suas unidades correspondentes cumprem determinadas funções. O sistema fluvial exerce a função de transmissão e acumulação através das planícies fluviais dos rios Itacaíunas e Parauapebas, que carregam sedimentos que acumulam nas áreas mais rebaixadas. O sistema ferruginoso abrange os platôs e estes são os principais responsáveis por emitirem sedimentos para todos os locais e o sistema florestal, por meio das encostas e vertentes com floresta densa e aberta, mobilizam materiais para as áreas mais baixas.

Na área de estudo os sistemas ambientais e as suas unidades correspondentes cumprem determinadas funções. O sistema fluvial exerce a função de transmissão e acumulação através

das planícies fluviais dos rios Itacaúnas e Parauapebas, que carregam sedimentos que acumulam nas áreas mais rebaixadas. O sistema ferruginoso abrange os platôs e estes são os principais responsáveis por emitirem sedimentos para todos os locais e o sistema florestal, por meio das encostas e vertentes com floresta densa e aberta, mobilizam materiais para as áreas mais baixas.

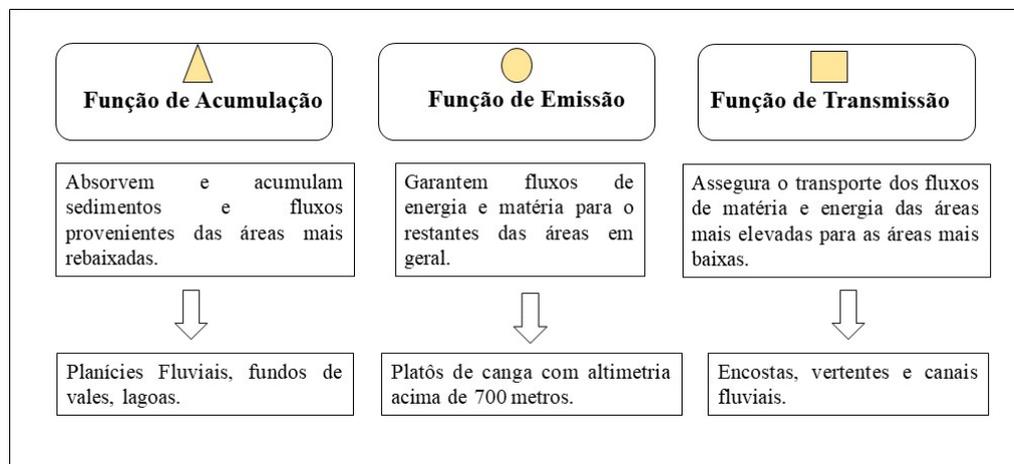
Figura 24: Perfis Topográficos apresentando um esboço da estrutura da paisagem que compõe a Floresta Nacional de Carajás e o Parna dos Campos Ferruginosos, PA.



Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

A rede de drenagem exerce a função de transmissão de fluxos de matérias de energias, já as planícies desempenham função de acumulação - planícies fluviais dos rios Itacaíunas e Parauapebas que carregam sedimentos através dos canais de drenagem e acumulam nas áreas mais rebaixadas. O sistema ferruginoso abrange os platôs, no entanto pela composição laterítica (cangas) estes desempenham função incipiente na emissão, essa ação fica a cargo das áreas elevadas mas que estão recobertas pela floresta, na qual são os principais responsáveis por emitirem sedimentos, sementes, evapotranspiração, biomassa, etc., para todos os outros sistemas, tendo as encostas e vertentes vias para a mobilização de fluxos para as áreas mais baixas.

Figura 25: Síntese das funções geocológicas na Floresta Nacional de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos, PA.



Fonte: Elaborado pela autora, modificada de Vidal (2014).

O funcionamento gera a dinâmica e a mesma gera produtos. No sistema de Carajás predomina os processos de pluviosidade, evapotranspiração e infiltração, e os principais produtos gerados como resultante desses processos são: matéria orgânica (húmus), biomassas, minerais e nutrientes (resultantes da interação da planície fluvial e a floresta) solos (resultante da morfogênese e pedogênese) e água, e que são transmitidos ou dinamizados pelas relações laterais expressas por canais e redes.

7 PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL

O Planejamento Ambiental é entendido como um processo intelectual que visa facilitar a implementação de um conjunto de ações e processos de gestão e de desempenho, que são fundamentais para as tomadas de decisões relativas a forma e intensidade em que se deve usar o território. Por ser um processo organizado de coleta de informações, de análises e reflexões sobre os sistemas ambientais, ele contribui para a racionalização do uso dos recursos naturais para a promoção do desenvolvimento sustentável, na qual seja possível conjugar progresso econômico e preservação ambiental (RODRIGUEZ e SILVA, 2018).

De acordo com Santos (2004), a aplicação do planejamento ambiental gera bons resultados, dentre eles o melhor aproveitamento do espaço físico e dos recursos naturais e ajuda a manter a máxima integridade possível dos sistemas ecológicos e dos processos da sociedade.

O planejamento e a gestão ambiental devem levar em conta o caráter complexo e a natureza antrópica dos processos e dos sistemas ambientais e devem usar a tendência natural para a autorregulação nos sistemas complexos ou supercomplexos para implementar ações que permitam uma organização espontânea dos vários atores que atuam no território em torno de um objetivo comum, a incorporação da sustentabilidade ambiental no processo de desenvolvimento (RODRIGUEZ e SILVA, 2018).

7.1 Proposições para as unidades delimitadas

As unidades geocológicas delimitadas requerem ações que mantenham o seu equilíbrio e a sua conservação. Nesse sentido, é necessário que haja a implantação ou aperfeiçoamento de medidas que levem a tal objetivo. Sugere-se para área como um todo a realização de atividades de educação ambiental que deverá ser desenvolvida de forma permanente para conscientização da população sobre a importância de preservar a unidade de conservação, promoção de cursos de formação de condutores para guiar os turistas nos atrativos no interior da Flona, bem como também para os extrativistas com o intuito de aperfeiçoar as técnicas utilizadas em campo para a coleta de sementes e folhas.

Fomento de programas de pesquisa para os cursos da área ambiental, como geografia, geologia, engenharia florestal, etc, para estudar todos os atributos físicos da Flona e do Parna, a fim de expandir os conhecimentos acerca dos sistemas florestais e seus serviços ecossistêmicos enfocando a importância da floresta em pé, uma vez que as florestas amazônicas funcionam como grandes armazéns de carbono. Para as áreas de campos rupestres verifica-se os incentivos a estudos científicos que possam levar a compreensão do funcionamento, uma vez que os mesmos apresentam peculiaridades quanto a sua ocorrência,

exclusiva do ambiente de cangas.

7.2 Proposições de estudos futuros para Carajás

Diversos instrumentos podem ser utilizados de forma integrada visando chegar ao principal propósito do planejamento ambiental que é o desenvolvimento sustentável. A identificação das potencialidades naturais dos sistemas ambientais e sociais com suas principais problemáticas dão base para a proposição das medidas de manejo que poderão ser efetuadas na área para a gestão das unidades de conservação.

As proposições a serem descritas neste trabalho visam elencar estudos futuros sobre o manejo ambiental dos recursos naturais, de modo que tenham simultaneamente o desenvolvimento ambiental, econômico e social.

7.2.1 Estudos sobre a interligação da área com Corredores Ecológicos

Os corredores ecológicos são instrumentos de gestão e de ordenamento territorial, o qual segundo o SNUC, possibilitam a integração das unidades de conservação permitindo o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas (BRASIL, 2000). “A função principal dos corredores ecológicos é planejar a conservação da biodiversidade, numa escala compatível com as perspectivas de um ordenamento territorial para melhor assegurar a conectividade entre as unidades de conservação e as áreas naturais” (BRITO, 2012, p.137).

Além disso, eles são importantes porque criam conectividade entre áreas com diversidade biológica e a fragmentação de florestas com unidades de conservação, evitando os prejuízos ecológicos provocados pelo isolamento das áreas protegidas. Essa estratégia tem sido pensada para Carajás tendo em vista o isolamento do conjunto de áreas protegidas do mosaico, em que se encontram circundado por uma matriz de áreas antropizadas que exercem forte pressão no entorno das unidades (AMPLO, 2017).

Na perspectiva de ligar terras protegidas que atualmente se encontram isoladas, os gestores e atores do Mosaico Carajás estão criando e institucionalizando o corredor ecológico entre as unidades de conservação do mosaico de Carajás e a Terra Indígena Trincheira Bacajá. A referida terra indígena está localizada no município de São Félix do Xingu e é a que oferece as melhores oportunidades de construção do corredor, devido a maior proximidade com outras áreas de conservação e menor densidade populacional (MENDONÇA, 2019).

Outra possibilidade que poderia ser planejada seria um corredor que interligasse o mosaico com a Estação Ecológica Terra do Meio, uma reserva localizada nos municípios de Altamira e São Félix do Xingu, que possui diversidades de ambientes e abriga diversas espécies ameaçadas de extinção. Ambos os corredores podem ser estabelecidos através de

faixas de vegetação em que possibilitará o deslocamento de diversas espécies da fauna entre as unidades de conservação, aumentando assim o fluxo genético das espécies.

7.2.2 Estudos de Capacidade de Carga

A Flona de Carajás possui grande fluxo de visitação em seu interior que é fomentado através do ecoturismo. Por se tratar de uma unidade de conservação que contempla o uso público, o que está previsto em seu plano de manejo, as atividades com potencialidades para o turismo e educação ambiental podem ocorrer dentro da unidade. Dessa forma, as visitas são realizadas através de cooperativas credenciadas junto ao ICMBio, pelo CEAP (Centro de Educação Ambiental de Parauapebas) que é um programa idealizado para desenvolver atividades de educação ambiental prioritariamente para a comunidade escolar da região ou por meio do próprio ICMBio (MONTEIRO *et al*, 2022.)

As trilhas dentro da unidade aproxima os visitantes da natureza, entretanto, o uso de forma desordenada pode provocar efeitos prejudiciais ao meio, como a compactação do solo, destruição da flora e emissão de ruído, poluição de recursos hídricos etc. Com a finalidade de controlar esses impactos que ocorrem nos atrativos turísticos, sobretudo das trilhas e também determinar o número de pessoas que essas áreas podem suportar é necessário realizar o estudo de capacidade de carga das trilhas e dos outros atrativos, como cachoeiras e cavernas.

Segundo Beni (2000), capacidade de carga corresponde o estabelecimento do número máximo de visitantes que um atrativo turístico natural pode suportar sem sofrer alterações, considerando-se o perfeito equilíbrio entre a conservação do meio ambiente e o número de turistas. Estabelecendo a capacidade de carga física dos ambientes que possuem visitas na área de estudo, poderá se ter um maior controle de acesso, bem como também manejar os impactos que por hora tenham sido provocados.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A paisagem da Flona de Carajás e do Parna dos Campos Ferruginosos confere atributos para a preservação e conservação devido abarcar vastas unidades com características distintas de outras regiões da Amazônia. A zona de tensão pela a qual a região de Carajás se encontra torna possível a existência de paisagens singulares que envolvem formações florestais, lacustres e formações de estrato arbustivo e herbáceos, que constituem três sistemas ambientais: Florestal, Fluvial e Ferruginoso.

Através da diferenciação dos sistemas ambientais foi possível delimitar as unidades geológicas para a área, nas quais foram delimitadas 5 unidades, dentre as quais há a predominância dos Patamares com floresta ombrófila densa (48%), em seguida os Patamares com floresta ombrófila aberta (41%), Planície fluvial Itacaúnas/Parauapebas (8%), Platô com campo rupestre herbáceo (2%) e Platô com campo rupestre arbustivo (1%).

No tocante às unidades, elas cumprem determinadas funções no sistema, seja de acumulação, emissão e transmissão que ora se agrupam, ora se sobrepõem intervindo variavelmente no funcionamento do sistema gerando dinâmica e produtos.

O resultado do diagnóstico mostrou as principais potencialidades naturais, que foram listadas, a beleza exuberante da floresta, sua biodiversidade, o ecoturismo, e os serviços ecossistêmicos dos campos rupestres e sua potencialidade de ser um laboratório natural para a elaboração de pesquisas científicas para diversos cursos da área ambiental.

Quanto aos problemas ambientais foram elencados a mineração em parte dos campos rupestres, o que tem provocado danos irreversíveis nesse ambiente, a agropecuária em parte da floresta aberta próxima ao rio Parauapebas, queimadas, caça e pesca, estas que vem causando progressivas mudanças na paisagem.

Constata-se, portanto, que em Carajás em função das formas de uso e ocupação do solo em algumas unidades geológicas demonstram necessidade de recuperação, a fim de reverter os impactos e danos sofridos, enquanto que em outras unidades necessitam-se de medidas de controle para garantir o desenvolvimento sustentável. Assim, é necessário o fortalecimento de programas de proteção que associem tanto a fiscalização quanto a gestão socioambiental em todo o território.

O viés sistêmico adotado nessa pesquisa permitiu fazer considerações e apontar proposições de ordenamento territorial que auxilie na gestão ambiental do local. A análise geológica subsidiou uma compreensão integrada e sistêmica da paisagem das unidades estudadas e deu base para realizar uma análise da paisagem em nível mais profundo, a partir de uma abordagem sistêmica, integrada e complexa.

Tendo em vista o isolamento das unidades de conservação do mosaico de Carajás e a pressão antrópica que há sobre as mesmas, sugere-se que estudos posteriores investiguem o aumento da proposição de criação de corredores ecológicos para interligar o mosaico a outras áreas de conservação, e também realizar estudos de capacidade de carga visando avaliar a capacidade que cada atrativo pode suportar sem causar nenhum impacto.

Por fim, o estudo compõe uma contribuição inicial para a área, esta que deve ser expandida e aprofundada. O estudo que foi pautado na geoecologia das paisagens apresenta novas perspectivas para Carajás podendo assim subsidiar estudos futuros.

REFERÊNCIAS

ABREU, Edriano. **Illuminismo**. Disponível em http://www.saberhistoria.hpg.ig.com.br/nova_pagina_31.htm. [s.l.], [s.n.]. Acesso em 25 de jan. 2023.

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003, 151p.

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Geomorfologia da Região de Carajás**. In: Carajás: desafio político, ecologia e desenvolvimento / José Maria Gonçalves Jr. (Org); apresentação José de Anchieta Moura Fé. São Paulo: Brasiliense; (Brasília, DF): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, p. 88-124. 1986.

Amazônia: unidades de conservação: auditoria coordenada / Tribunal de Contas da União. -- Brasília: TCU, 2014.

AMORIM, R. R. Um novo olhar na geografia para os conceitos e aplicações de geossistemas, sistemas antrópicos e sistemas ambientais. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 13, n. 41 mar/2012 p. 80 – 101.

AMPLO ENGENHARIA E GESTÃO DE PROJETO LTDA – AMPLO. **Plano de Conservação de longo prazo para a região de Carajás**, Belo Horizonte: Amplo, 2017.

ARAÚJO, O. J. B. e R. G. N. MAIA. **Serra dos Carajás**. Folha SB.22-Z-A: Estado do Pará: 1-164. DNPM-CPRM (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Projeto Grande Carajás), Brasília 1991.

ARAÚJO, F.C. **Reforma Agrária e Gestão Ambiental: Encontros e desencontros**. (Dissertação de Mestrado). Centro de desenvolvimento sustentável da Universidade de Brasília, Brasília, 2006, 242p.

BARBOSA, L. C. **Guardians of the Brazilian Amazon Rainforest: Environmental Organizations and Development**. Londres: Routledge, Taylor & Francis Group, 2015.

BARROSO, L. R.; MELLO, P. P. C. Como salvar a Amazônia: por que a floresta de pé vale mais do que derrubada. **Revista de Direito da Cidade**, v.12, n. 2, p. 1262-1307, 2020. <https://doi.org/10.12957/rdc.2020.50890>.

BENI, M. **Análise Estrutural do Turismo**. 3ª edição. São Paulo, SP: SENAC, São Paulo, 2000.

BERTALANFFY, Ludwig von. **Teoria Geral dos Sistemas**. Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973.

BRASIL. Lei nº 6.938 de 1981: Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. 1981.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil,

Brasília, DF, 19 jul. 2000. Acesso em: 16 jun. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002; Decreto nº 5.746, de 5 de abril de 2006. Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas: Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006. Brasília: MMA, 2011. 76 p. Acesso em: 12 jun. 2021.

BRASIL. Decreto no s/n, de 5 de Junho de 2017. Dispõe sobre a criação do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, localizado nos Municípios de Canaã de Carajás e Parauapebas, Estado do Pará. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília. Disponível em: [http://http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017). Acesso em: 13 jun. 2021.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam Folha SB.22 Araguaia e parte da folha SC.22 Tocantins; **geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1974. (Levantamento de recursos naturais, 4), p. 1-521.

BRITO, Francisco. **Corredores ecológicos: uma estratégia integradora na gestão de ecossistemas** / Francisco Brito. 2. ed. rev. – Florianópolis, Ed. da UFSC, 2012. 264 p.

BRITO NEVES, B.B.; CORDANI, U.G. **Tectonic evolution of South America during the Late Proterozoic**. Precambrian Research, v. 53, p. 23-40, 1991.

BOAVENTURA, R. S. **Geomorfologia**. In: Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM. Folha SB-22 Araguaia e parte da Folha SC22 Tocantins. Rio de Janeiro, RadamBrasil, 1974. (Levantamento de Recursos Naturais, 41). Brasília, Ed. Univ. Brasília. p. 26.

BOZELI, R.L., *et al.* Pequenas Áreas Úmidas: Importância para conservação e gestão da biodiversidade brasileira. **Diversidade e Gestão** 2(2): p.122-138. 2018 Volume Especial: Conservação in situ e ex situ da Biodiversidade Brasileira e-ISSN: 2527-0044.

CAMARGO, F.C.; COELHO. S.C.A. Aspectos da educação e da interpretação ambiental no Ecoturismo no Brasil. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v 14, n.2, jan-abr2021, pp. 74-83.

CAMPOS, J.C.F.; CASTILHO, A.F. **Uma visão geográfica da região da Flona de Carajás**. In: Fauna da Floresta Nacional de Carajás: estudos sobre vertebrados terrestres / (Organizadores) Frederico Drumond Martins et al. São Paulo: Nitro imagens, 2012, 119 p.

CARMO, F.F. **Novo Polo para Conservação em Geossistema Ferruginoso na Região do Rio Peixe Bravo, Norte de Minas Gerais**. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012, 128p.

CARMO, F.F.; KAMINO, L.H.Y. Geossistemas Ferruginosos. In: **Geossistemas Ferruginosos do Brasil: Áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais**. Organizado por Flávio Fonseca do Carmo e Luciana Hiromi Yoshino Kamino. — Belo Horizonte: 3iEditora, 2015, p.23.

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

CHRISTOFOLETTI, A. A Aplicação da Abordagem em Sistemas na Geografia Física. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, 52: p. 21-35, abril/junho 1990.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. Editora Blucher, 1999.

CIRNE, M. B.; GIACOMAZZI, D.B. Ferro Carajás s11d: participação social e processo dialético no licenciamento ambiental de mineração em Unidade de Conservação. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 11, n. 3, 277-295p.2021

CNUC, Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em: <https://cnuc.mma.gov.br/powerbi>. Acesso em 10 jul. 2021.

COSTA, F.G. **Os folheiros do Jaborandi: Organização, parcerias e seu lugar no extrativismo amazônico**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento sustentável do Trópico Úmido, Belém, 2012.

COSTA, P. C. **Unidades de Conservação: matéria-prima do ecoturismo**. São Paulo: Aleph, 2002.

CRUZ, F.M. **Avaliação geoambiental e hidrológica da bacia do rio Itacaiúnas, PA**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi e EMBRAPA, Belém, 2010.

DANTAS, M.E.; TEIXEIRA, S.G. **Origem das Paisagens**. Geodiversidade do estado do Pará / Organização Xafi da Silva Jorge João, Sheila Gatinho Teixeira, Dianne Danielle Farias Fonseca. - Belém: CPRM, 2013. 258 p.

DOCEGEO. **Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás – Litoestratigrafia e principais depósitos minerais**. 35º Congresso Brasileiro de Geologia, Belém, Companhia Vale do Rio Doce, Sociedade Brasileira de Geologia, 1988, p.148.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2018.

FALESI, I, C. **O ambiente edáfico**. In: Carajás desafio político, ecologia e desenvolvimento / José Maria Gonçalves Jr. (Org); apresentação José de Anchieta Moura Fé. São Paulo: Brasiliense; (Brasília, DF): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 1986, p.127.

FONSECA, I. F. da; LINDOSO, D. P.; BURSZTYN, M. Deforestation (lack of) control in the Brazilian Amazon: from strengthening to dismantling governmental authority (1999-2020). **Sustainability in Debate**, v.13, n.2, 12–31p. 2022. <https://doi.org/10.18472/SustDeb.v13n2.2022.44532>

FREITAS, M.L.D. **Algumas considerações sobre a Região-Programa**. In: Carajás: desafio político, ecologia e desenvolvimento / José Maria Gonçalves Jr. (Org); apresentação José de Anchieta Moura Fé. São Paulo: Brasiliense; (Brasília, DF): Conselho Nacional de

Desenvolvimento Científico e Tecnológico, p. 22-29, 1986.

FUINI, L.L. Abordagem sistêmica e a questão da dicotomia físico/social na ciência geográfica. **Ciência Geográfica** - Bauru - XV - Vol. XV - (1): Janeiro/Dezembro – 2011.

GIBSON, N.; YATES, C.J. & DILLON, R. 2010. Plant communities of the ironstone ranges of South Western Australia: hotspots for plant diversity and mineral deposits. **Biodiversity and Conservation**, 19: 3951-3962 (2010).

GIBSON, N.; MEISSNER, R.; MARKEY, A.S. & THOMPSON, W.A. 2012. Patterns of plant diversity in ironstone ranges in arid south western Austrália. **Journal of Arid Ecology**, 77: 25-31.

GUILLEN-LIMA, C.; VIEIRA, A. L. M.; SILVA FILHO, J. A.; LIMA, T. C.; FERNANDES, T. N.; CAMPOS, J. C. F.; CASTILHO, A.; ROLIM, S. G.; MENDONÇA, M. V. A Paisagem de inserção da FLONA Carajás: Habitat, Matriz e Conectividade. In: Campos, J.F.C. (ORG.). **Carajás aspectos naturais e socioeconômicos no entorno das áreas protegidas**. 2ed. Belo Horizonte: Editora Rupestre, 2019.

<https://www.vale.com/pt/w/parque-zoobotanico-vale-agora-e-bioparque-vale-amazonia>. Acesso em 01 mai. 2022.

IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Vegetação**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2012.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, 2003. CVRD Companhia Vale do Rio Doce - STP Engenharia de Projetos LTDA. **Plano de Manejo para uso múltiplos da Floresta Nacional De Carajás**.

JACOBI, C.; CARMO, F. Diversidade dos campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG. **Megadiversidade**, v. 4, n. 1-2, p. 24-32, 2008.

JACOBI, C.M.; CARMO, F.F.; VICENT, R.C. & STEHMANN, J.R. Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, 16: 2185-2200, 2007.

JALES, L.F.; SCOSS, L.M.; SOUZA, V.C.M. **Conjunto de áreas protegidas de Carajás**. Fauna da Floresta Nacional de Carajás – Serra Norte / Organização de Elaine Ferreira Barbosa., *et al.* – Belo Horizonte: Gaia Cultural – Cultura e Meio Ambiente, 2020, 260p.

JOÃO, X.S.J. **Arcabouço Geológico tectônico e Implicações Metalogenéticas**. Geodiversidade do estado do Pará / Organização Xafi da Silva Jorge João, Sheila Gatinho Teixeira, Dianne Danielle Farias Fonseca. - Belém: CPRM, 2013. 258 p.

JOÃO, Xafi da Silva Jorge; TEIXEIRA, Sheila Gatinho.; FONSECA, Dianne Danielle Farias. (org.). **Geodiversidade do estado do Pará** - Belém: CPRM, 2013. 258 p.

LEOPOLDO, B.F., *et al.* **Pequenos mamíferos não voadores**. Fauna da Floresta Nacional de

Carajás – Serra Norte / Organização de Elaine Ferreira Barbosa., *et al.* – Belo Horizonte: Gaia Cultural – Cultura e Meio Ambiente, 2020, 260p.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2002.

LINDENMAYER, Z.G., et al. Considerações sobre a origem das formações ferríferas da formação Carajás, Serra dos Carajás. **Revista Brasileira de Geociências**. Vol.31(1), p.21-28, março de 2011.

LIMBERGER, L. Abordagem sistêmica e complexidade na geografia. **Geografia** - v. 15, n. 2, jul./dez. 2006. Disponível em <http://www.uel.br/revistas/geografia>. Acesso em 20 fev. 2023.

LOPES, P.M. **Efeitos dos fatores locais e espaciais na riqueza e composição de comunidades aquáticas e implicações para conservação (Serra dos Carajás, Pará)**. 2008. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Ecologia) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MACAMBIRA, J.B. **O ambiente deposicional da Formação Carajás e uma proposta de modelo evolutivo para a Bacia Grão Pará**. Unpublish, Ph.D. Thesis, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, 2003. 217p.

MACIEL, J. M. L.; DO CARMO, F. F.; KAMINO, L. H. Y.; MOREIRA, L. M. Cangas ferruginosas: proposta pedagógica sobre a necessidade de conservação de um ecossistema ameaçado. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 13, n. 32, 10 mar. 2017.

MARQUES, J., *et al.* **Considerações sobre o clima**. In: Carajás: desafio político, ecologia e desenvolvimento / José Maria Gonçalves Jr. (Org); apresentação José de Anchieta Moura Fé. São Paulo: Brasiliense; (Brasília, DF): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, p.59-87, 1986.

MARTINS, F.D.; CARVALHO, A.S.; RIBEIRO, K.T. **Inserção Territorial e histórica da Floresta Nacional de Carajás e sua relação com a mineração**. Projeto cenários: conservação de campos ferruginosos diante da mineração em Carajás / Frederico Drumond Martins, Luciana Hiromi Yoshino Kamino e Katia Torres Ribeiro (organizadores). – 1. ed. – Tubarão (SC), 2018.

MARTINS, Frederico Drumond., *et al.* **Fauna da Floresta Nacional de Carajás: estudos sobre os vertebrados terrestres**. São Paulo; Nitro Imagens, 2012.

MAURITY, C.W.; ZAPPI, D.C. **A evolução da paisagem**. Paisagens e Plantas de Carajás – 1. ed.; bilíngue. – Belém, PA: Instituto Tecnológico Vale (ITV), 2017.

MEDEIROS, R. **Evolução das Tipologias e Categorias de Áreas Protegidas no Brasil**. *Ambiente & Sociedade*, 9 (1): 41-64, 2006.

MELLO- THÉRY, Neli Aparecida de. **Território e gestão ambiental da Amazônia: terras públicas e os dilemas do Estado**. São Paulo: Annablume, 2011.

MELLO-THÉRY, N. A.; THÉRY, H. Amadurecimento das experiências de desenvolvimento sustentável: transformações recentes na APA Igarapé Gelado/Pará. **Revista NERA**, ano 21, n.

41, p. 331-352, Dossiê, 2018.

MENDONÇA, M.V. **Corredor ecológico entre as áreas protegidas de Carajás e da Terra do Meio, Pará.** / Marcus Vinicius Mendonça. – Palmas, TO, 2019. 114 f.

MENDONÇA, M.V., *et al.* **Projeto agriculturas de conservação: o início de uma alternativa agroecológica no entorno das unidades de conservação de Carajás.** Agriculturas de conservação: um projeto da produção ecológica no território de Carajás / organização Natália Duane de Souza... (*et al.*). 1. ed. Parauapebas, PA: Funtec DF, 2022.

MINISTÉRIO DO TURISMO (M.TUR). ECOTURISMO: Orientações básicas, 2. ed. Brasília: M.TUR, 2010. Disponível em <https://www.gov.br/turismo/pt-br/centrais-de-conteudo-/publicacoes/segmentacao-do-turismo/ecoturismo-orientacoes-basicas.pdf>. Acesso:03/05/2023.

MONTEIRO, A. F. L., *et al.* O uso público em unidades de conservação de Carajás, sudeste do Pará. **Revista Científica Famap**, v. 2, n. 02, 2022.

MORAIS, M.C. de; PEREIRA, P.M.; PARADELLA, J.W.R. Informações geoambientais derivadas de imagens de radar (R99B/SIPAM) e ópticas (LANDSAT/TM5) em jazimento de minério de ferro em Carajás. **Geociências**. Minas, Ouro Preto.v.62. n.2. 131-137p.2009. <https://doi.org/10.1590/S0370-44672009000200003>.

MORIN, E. **O Método 1: A Natureza da natureza.** Porto Alegre: Sulina, 2003 (2ª. Edição).

MORSELLO, Carla. **Áreas Protegidas Públicas e Privadas: seleção e manejo.** São Paulo: Anablume, FAPESP, 2006.

MOTA, N. F. O.; SILVA, L. V. C.; MARTINS, F. D.; VIANA, L. P. **Vegetação sobre sistemas ferruginosos da Serra de Carajás.** In: CARMO, F. F.; KAMINO, L. H. Y. Geossistemas Ferruginosos do Brasil. Belo Horizonte: 3i Editora, 2015. p. 289-315.

NASCIMENTO, M.S.; OLIVEIRA, D.A. Ambiente Depositional e proveniência da Formação Gorotire, Província Carajás, Sudeste do Cráton Amazônico. **Contribuições à Geologia da Amazônia** - Volume 9, p. 1-14, setembro de 2015.

NOGUEIRA, A.C.R.; TRUCKENBRODT, W.; PINHEIRO, R.V.L. Formação Águas Claras, Pré-cambriano da serra de Carajás: redescrição e redefinição litoestratigráfica. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 7, p. 177-197, 1995. (Série Ciências da Terra).

NUCCI, J.C. Origem e desenvolvimento da ecologia e da ecologia da paisagem. **Revista Eletrônica Geografia**, v. 2 (1), p.77-99, 2007.

VALENTIM, R. F. V.; OLIVITO, J. P. R. **Unidade Espeleológica interCarajás: Delimitação dos Enfoques Regional e Local, Conforme Metodologia da in-02/2009 Mma.** SBE – Campinas, SP, Espeleo-Tema. v. 22, n.1. 2011, p. 41-60.

NUNES, J. **Florística, estrutura e relações solo-vegetação em gradient fitofisionômico sobre canga, na Serra Sul, FLONA de Carajás–Pará.** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 112 p, 2009.

PACA, V.H.M.; LOPES, D.F.; LIMA, J.B.M. **Recursos Hídricos Superficiais.** Geodiversidade do estado do Pará / Organização Xafi da Silva Jorge João, Sheila Gatinho Teixeira, Dianne Danielle Farias Fonseca. - Belém: CPRM, 2013. 258 p.

PALHETA, J.M.; SILVA, C.N.; MEDEIROS, G.N. Territórios com mineração na região sudeste do Pará – Norte do Brasil. **Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege)**. p.281-308, V.11, n.15, jan-jun. 2015.

Plano de pesquisa geossistemas ferruginosos da Floresta Nacional de Carajás: temas prioritários... / organizadora Liliane Bezerra; colaboradores André Afonso Ribeiro... [et al.]. — Brasília: ICMBio, 2017. 82 p.

Plano de manejo da Floresta Nacional de Carajás- Vol II – Planejamento. Brasília: ICMBio, 2016. 68 p.

Pepper, M.; Doughty, P. & Keogh, J.S. 2013. Geodiversity and endemism in the iconic Australian Pilbara region: a review of landscape evolution and biotic response in an ancient refugium. **Journal of Biogeography**, 40: 1225-1239.

PONTES. Paulo. R.M. The role of protected and deforested areas in the hydrological processes of Itacaiúnas River Basin, eastern Amazônia. **Journal of Environmental Management**, v 1, 2019, 489-499. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.01.090>.

PORTO, M. L.; SILVA, M. F. F. Tipos de vegetação metalófila em áreas da Serra de Carajás e de Minas Gerais, Brasil. **Acta Botânica Brasílica** 3(2), 1989, p.13-21.

Proposta de criação do Parque Nacional do Campos Ferruginosos de Carajás. ICMBio, 2016, p. 01-08.

RIBEIRO, A.S.S. **Caracterização Física, Química, Mineralógica e Micromorfológica dos Solos da Serra Sul, Floresta Nacional De Carajás, Pará.** (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 126 p, 2009.

RIZZINI, C.T. 1997. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos.** 2ed. Rio de Janeiro: 1979.

RODRIGUES, L.P.; SILVA, C.A. **Proposta metodológica para a elaboração de perfil geocológico.** XIV Encontro Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia. Anais do XIV ENANPEGE. Campina Grande: Realiza Editora, 2021. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/77565>. Acesso em: 17 jan. 2023.

RODRIGUEZ, J. M. M., *et al.* **Análise da paisagem como base para uma estratégia de organização geoambiental: Corumbataí (SP).** Geografia, Rio Claro. Vol. 20(1): 81-129, abril 1995.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geocologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental.** Fortaleza: Imprensa Universitária, 2022.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental:** subsídios da geocologia das paisagens e da teoria geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2018.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Teoria dos Geossistemas – o legado de V.B. Sochava: Volume I Fundamentos Teóricos-metodológico**. Fortaleza: Edições UFC, 2019.

RODÓN, S.M., *et al.* **Formação e caracterização de núcleos urbanos informais no sudeste Paraense**. (Org); Cleandro Krause Rosana Denaldi. Brasília. ed - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2022, p. 166-200. <http://dx.doi.org/10.38116/978-65-5635-044-8>.

RUCHKYS, U.A., *et al.* Patrimônio em Geossistemas Ferruginosos: Potencial de Uso para o Geoturismo. **Revista Latinoamericana de Estudios en Cultura y Sociedad | Latin American Journal of Studies in Culture and Society**. V. 04, nº 02, mai-ago, 2018, artigo nº 902.

SAHOO, Prafulla Kumar., *et al.* Regional-scale mapping for determining geochemical background values in soils of the Itacaiúnas River Basin, Brazil: The use of compositional data analysis (CoDA). **Geodema**. 376 [s. l.], [s.n.]. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114504>

SANTOS, J.O.S. **Geotectônica do Escudo das Guianas e Brasil-Central**. In: BIZZI, L.A. et al. (Ed.). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG**. Brasília: CPRM-Serviço Geológico do Brasil, 2003.p. 169-226.

SANTOS, B.A. **Recursos minerais**. In: Carajás: desafio político, ecologia e desenvolvimento / José Maria Gonçalves Jr. (Org); apresentação José de Anchieta Moura Fé. São Paulo: Brasiliense; (Brasília, DF): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, p. 294-361, 1986.

SANTOS. A.A. Parques Nacionais Brasileiros: relação entre Planos de Manejo e a atividade ecoturística. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.4, n.1, 2011, pp.141-162.

SANTOS, R.F. **Planejamento ambiental- teoria e prática**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2004 184 p.

SCHAEFER. C. E G. R., *et al.* **Ecosistemas e Geoambientes de Canga Ferruginosa em Carajás: Paisagens Singulares em Risco de Extinção**. In: Projeto cenários: conservação de campos ferruginosos diante da mineração em Carajás / Frederico Drumond Martins, Luciana Hiromi Yoshino Kamino e Katia Torres Ribeiro (organizadores). – 1. ed. – Tubarão (SC), 467 p. 2018.

SCHAEFER. C. E G. R., *et al.* Características químicas e mineralogia de solos perférricos da Serra Sul de Carajás. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.**, Belém, v. 11, n. 1, p. 57-69, jan.-abr. 2016.

SCHAEFER. C. E G. R., *et al.* Geoambientes, solos e estoques de carbono na Serra Sul de Carajás, Pará, Brasil. **Revista Ciências Naturais**, Belém, v. 11, n. 1, p. 85-101, jan.-abr. 2016.

SECCO, R.S.; MESQUITA, A.L. Nota Sobre a Vegetação de Canga da Serra Norte. I. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Nova Série Botânica, 59: 1983, p.1-13.

SHIMIZU, V. K. **Classificação e Caracterização de Tipos de Minérios de Cobre da Mina**

do Sossego. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, M.F.F., *et al.* **Estudos botânicos: histórico, atualidade e perspectivas**. In: Carajás: desafio político, ecologia e desenvolvimento / José Maria Gonçalves Jr. (Org); apresentação José de Anchieta Moura Fé. São Paulo: Brasiliense; (Brasília, DF): Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, p. 184-207, 1986.

SILVA, H.Z. Hidrogeologia de regiões mineiras. **Rem: Revista Escola de Minas**, 2001,54: 199-204.

SOTCHAVA, Viktor B. **O estudo de Geossistemas**. Métodos em Questão. São Paulo: USP/IG, 1977, n. 16.

SOUZA, F. C. R.de; CARMO, F. F.do. **Geossistemas Ferruginosos do Brasil**. In: CARMO, F.F.; KAMINO, L.H.Y. (Orgs.). Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais. Belo Horizonte: 3i Editora, 2015.

SOUZA-FILHO. P.W.M. *et al.* Four decades of land-cover, land-use and hydroclimatology changes in the Itacaiúnas River watershed, southeastern Amazon. **Journal of Environmental Management**.167 [s. l.], [s.n.], 2016. p. 175-184.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.039>.

SOUZA, C. S. O papel do zoneamento ambiental no planejamento municipal. **PIDCC (Revista de Propriedade Intelectual: Direito Contemporâneo e Constituição)**, v. 2, n. 4, 2013, p. 154-175.

TEIXEIRA, J.B.G.; OHMOTO, H.; EGGLER, D.H. **Elemental and oxygen isotope variations in Archean mafic rocks associated with the banded iron-formation at the N4 iron deposit, Carajás, Brazil**. In: COSTA, M.L.; ANGÉLICA, R.S. (Coord.). Contribuições à geologia da Amazônia. Belém: FINEP/SBG, 1997. p. 161-203.

TICKTIN, T. The ecological implications of harvesting non-timber forest products. **Journal of Applied Ecology**, [s. l.], [s.n.] 41, p. 11-21, 2004.

THÉRY, Neli Aparecida de Mello; THÉRY, Hervé. Carajás-Parauapebas: conflitos entre modelos de desenvolvimento na Amazônia Oriental. **Praia Vermelha**, v. 19, n. 2, 2010.

TRICAT. Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE. Diretoria técnica, SUPREN, 1977, 91 p.

TROPPEMAIR, Helmut. **Biogeografia e Meio Ambiente**. 6ª edição. Rio Claro: Divisa, 2004.

VALETIM, R.; OLIVITO, J. P. Unidade espeleológica Carajás: delimitação dos enfoques regional e local, conforme metodologia da in-02/2009 mma. **Revista Espeleo-Tema**, Campinas, v.22, n.1, p. 41-60, 2011.

VASQUEZ, M. L., *et al* (org.). **Compartimentação Tectônica**. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas – SIG: texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará. Belém: CPRM, 2008.

VASQUEZ, M. L., *et al* (org.). **Unidades Litoestratigráficas**. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas – SIG: texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará. Belém: CPRM, 2008.

VIANA, P.L.; *et al*. Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: história, área de estudos e metodologia. **Rodriguésia** 67, n. 5 (Especial): p.1107-1124. 2016.

VIANA, P. L.; LOMBARDI, J. A. Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 58, n. 1, p. 159- 177, 2007.

VIEIRA, A. L.M. *et al*. **Mosaico Carajás: perspectivas de ampliação da conservação**. In: Frederico Drumond Martins, Luciana Hiromi Yoshino Kamino e Katia Torres Ribeiro (organizadores). Projeto cenários: conservação de campos ferruginosos diante da mineração em Carajás. 1. ed. 2018, 467 p.

VIEIRA, A. L.M. **Conservação da Biodiversidade aplicada a mineração: O caso das áreas protegidas de Carajás, sudeste do Pará**. Rio de Janeiro, 2023. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Conservação.

VIEIRA, I.; TOLEDO, P.; SILVA, J.; HIGUCHI, H. Deforestation and threats to the biodiversity of Amazônia. **Brazilian Journal of Biology**, [s. l.], [s.n.] v. 68, p. 631- 637, DOI: <https://foi.org/10.1590/s1519-69842008000500004>.

VINCENT, R. C. **Florística, fitossociologia e relações entre a vegetação e o solo em áreas de campos ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. (Doutorado). Departamento de Ecologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. 144 p.

VICENTE, L.E.; PEREZ FILHO, A. **Abordagem Sistêmica e Geografia**. Geografia. Rio Claro: v. 28, n. 3, p. 345-362, set./dez., 2003.

VIDAL, M. R.; SILVA, E. V.; MASCARENHAS, A. L. **Bases Geoecológicas da Serra de Carajás na Amazônia Oriental Brasileira**. Cartografia biogeográfica e da paisagem (recurso eletrônico): volume III / organizadores Eduardo Salinas Chávez, Leonice Seolin Dias; colaboradores José Mariano Caccia Gouveia, Lucas Costa de Souza Cavalcanti. -1. Ed. – Tupã: ANAP, 2022, 289p.

VIDAL, M. R.; MASCARENHAS, A. L. dos S. Estrutura e funcionamento das paisagens da área de proteção ambiental do estuário do rio Curu/CE. **Confins**, v. 43, 2019.

VIDAL. M, R.; MASCARENHAS, A. L. S. Estrutura e funcionamento das paisagens litorâneas cearenses à luz da Geoecologia das Paisagens. **Geosp Espaço e Tempo** (Online), [s. l.], [s.n.] v. 24, n. 3, p. 600-615, 2020. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2020.121030>.

VIDAL, M. R.; SILVA, E. V. da. Enfoque estrutural e funcional da geoecologia das paisagens: modelos e aplicações em ambientes tropicais. **Geofronter**, Campo Grande, v.7 n.1, p.1-19, 2021. URL: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/GEOF/article/view/6708/pdf>.

VIDAL, M.R. **Geoecologia das paisagens: fundamentos e aplicabilidades para o planejamento ambiental no baixo curso do rio Curu-Ceará-Brasil**. 2014. 190 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2014.

VIDAL, M.R.; MASCARENHAS A.L.S.; SILVA, E.V.; BARBOSA, E.J. S. Geoecologia: aportes para uma aproximação taxonômica das unidades de paisagens para a região de Carajás. **Novos Cadernos NAEA**. 25, n. 4, p. 365-392, 2022.
<https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/12871/9546>.

VIDAL, Maria R.; MASCARENHAS, Abraão L. S. Mapeamento geoecológico no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos de Carajás/Pará-Brasil. **Revista Ateliê geográfico**. Goiânia-GO, v. 14, n. 3, 2020, p. 218 – 238.

ZAPPI, D.C.; VIANA, P.L.; GIULIETTI, A.M. **As plantas na paisagem: distintos tipos de vegetação**. Paisagens e Plantas de Carajás – 1. ed.; bilíngue. – Belém, PA: Instituto Tecnológico Vale (ITV), 2017.