



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS – ICH  
FACULDADE DE GEOGRAFIA

ANDREANA DOS SANTOS

**RELAÇÕES MORFOPEDOLÓGICAS NO GEOSSISTEMA FERRUGINOSO DO  
PARQUE NACIONAL DOS CAMPOS FERRUGINOSOS, CARAJÁS-PA.**

**MARABÁ, PARÁ  
2019**

ANDREANA DOS SANTOS

**RELAÇÕES MORFOPEDOLÓGICAS NO GEOSSISTEMA FERRUGINOSO DO  
PARQUE NACIONAL DOS CAMPOS FERRUGINOSOS, CARAJÁS-PA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Geografia, da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, sendo requisito parcial para obtenção de graduação de Bacharelado em Geografia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Rita Vidal

**MARABÁ – PARÁ  
2019**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Biblioteca Setorial Josineide da Silva Tavares**

---

Santos, Andreana dos

Relações morfoopedológicas no geossistema ferruginoso do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA / Andreana dos Santos ; orientadora, Maria Rita Vidal. — Marabá : [s. n.], 2019.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Campus Universitário de Marabá, Instituto de Ciências Humanas, Faculdade de Geografia, Curso de Bacharelado em Geografia, Marabá, 2019.

1. Geologia ambiental. 2. Geomorfologia. 3. Ciência do solo - Pesquisa. 4. Vegetação - Mapeamento. 5. Proteção ambiental. 6. Reservas florestais – Preservação. I. Vidal, Maria Rita, orient. II. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. III. Título.

CDD: 22. ed.: 553

ANDREANA DOS SANTOS

**RELAÇÕES MORFOPEDOLÓGICAS NO GEOSSISTEMA FERRUGINOSO DO  
PARQUE NACIONAL DOS CAMPOS FERRUGINOSOS, CARAJÁS-PA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Geografia, da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, sendo requisito parcial para obtenção de graduação de Bacharelado em Geografia.

Aprovado em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Maria Rita Vidal  
Universidade Federal Do Sul e Sudeste do Pará

---

Prof. Ms. Abraão Levi dos Santos Mascarenhas  
Universidade Federal Do Sul e Sudeste do Pará

---

Profa. Esp. Ana Lenira Nunes Cysne de Souza  
Universidade Federal Do Sul e Sudeste do Pará

A minha mãe Maria Domenice e meu pai André (in memoriam)  
que me ensinaram o valor da educação e a necessidade de ser  
honesto, minha eterna gratidão pois é de vocês que tiro forças  
para seguir em frente. A Deus meu eterno agradecimento.

## AGRADECIMENTOS

Quero agradecer a todos aqueles que me apoiaram de algum modo nesta caminhada. Em primeiro lugar, expresso minha gratidão a uma força maior chamada Deus.

A seguir agradeço imensamente a toda minha família pela educação e amor que recebi durante todos os anos de minha vida, e ao Cicinho pelo amor, carinho e incentivo, mesmo que distante, e especialmente aos dois maiores PRESENTES que DEUS me deu, meus filhos Rafaela e João pela paciência durante o árduo período de execução deste trabalho.

Agradeço à Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa) e ao Laboratório de Geografia Física pela oportunidade concedida. Agradeço também ao CNPq e, especialmente, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA), pela concessão de recursos financeiros e da bolsa de pesquisa.

A professora e orientadora Dra. Maria Rita Vidal que sempre me inspirou por sua conduta ética e profissional. Sou grata também pela oportunidade concedida no projeto, pelos ensinamentos acadêmicos e pela orientação paciente no campo e em gabinete.

Aos professores Esp. Ana Lenira Nunes Cysne de Souza e ao Ms. Abraão Levi dos Santos Mascarenhas pela disponibilidade de participar da banca, desde de já agradeço.

Agradeço imensamente meus não só colegas, mas também amigos, Jilciene Freitas, Thiago e Alana Inácio, obrigada pelo companheirismo e amizade ao longo do curso, e que passará por toda a vida se Deus assim permitir.

Ao colega Athos Ricardo, que me auxiliou no começo do meu percurso cartográfico, lhe sou muito grata.

Agradeço a minha amiga Silvana Costa pela ajuda e apoio que me foi dada no começo do curso. A caminhada foi longa mas venci.

A Turma de Geografia 2015 e a todos os professores meus sinceros agradecimentos pela convivência amistosa (as vezes, rsrs) e apoio nos momentos de dúvida e por contribuírem de forma tão contundente em minha formação, com certeza de vocês levarei lembranças para toda a vida.

Muito obrigada!

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.*

*(Martin Luther King)*

## RESUMO

Os solos são importantes meios de estudos no que diz respeito aos processos que restringe a evolução do relevo, pois é a partir deles que ocorrem a preservação de materiais correlacionados a eventos modeladores do mesmo. Na região Sudeste do Pará em especial no Parque Nacional dos Campos Ferruginosos há a ocorrência de materiais ferruginosos que corresponde ao modelado do relevo, contudo não existe estudos detalhados sobre o mesmo. O objetivo geral da pesquisa versa sobre identificar e analisar por meio da abordagem morfopedológica a inter-relação entre solo e relevo que constitui a paisagem do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, subsidiando assim, ações de planejamento ambiental. Para tanto, fez-se uso das bases teóricas e metodológicas da Geoecologia das Paisagens, associadas ao *software* livre *QGis* 2.18.18, utilizado para interpretação e processamento das informações de dados espaciais. A caracterização e identificação dos condicionantes da área, foi necessário para a determinação dos parâmetros físicos naturais levando a uma interpretação preliminar da geologia, geomorfologia, hidrografia, pedologia e vegetação da área. Além disso, os pontos de GPS para cruzar os dados em gabinetes com os dados de morfologia/relevo e hipsometria, permitiram uma melhor espacialização das informações. A abordagem morfopedológica mostrou-se adequada e de grande utilidade para a elaboração do trabalho, pois a partir dessa abordagem, pôde-se mapear e identificar, na região de estudo, sete pedoambientes relativamente homogêneos no que diz respeito à interação entre o substrato geológico, o relevo e os solos, denominados de Compartimentos Morfopedológicos. Por fim, os resultados gerados poderão servir como embasamento ao planejamento e gestão ambiental do Parque, possibilitando subsídios a estudos futuros do plano de manejo e gestão da área em questão.

**Palavras-chave:** Morfopedologia, Paisagem, Parna, Cangas.



## **ABSTRACT**

The soils are important means of studies regarding the processes that restrict the evolution of the relief, since it is from them that the preservation of materials related to its modeling events occur. In the Southeast region of Pará, especially in the Campos Ferruginosos National Park, there is the occurrence of ferruginous materials that correspond to the relief model, but there are no detailed studies on it. The general objective of the research is to identify and analyze through the morphopedological approach the interrelationship between soil and relief that constitutes the landscape of Campos Ferruginosos National Park, thus supporting environmental planning actions. To this end, we used the theoretical and methodological bases of Landscape Geoecology, associated with the free software QGIS 2.18.18, used for interpretation and processing of spatial data information. The characterization and identification of the area conditioners was necessary for the determination of the natural physical parameters leading to a preliminary interpretation of the geology, geomorphology, hydrography, pedology and vegetation of the area. In addition, the GPS points for crossing data in cabinets with the morphology / relief and hypsometry data allowed a better spatialization of the information. The morphopedological approach proved to be adequate and very useful for the elaboration of the work, since from this approach it was possible to map and identify, in the study region, seven relatively homogeneous pedoenvironments regarding the interaction between the geological substrate, relief and soils, called Morphopedological Compartments. Finally, the results generated may serve as a basis for the environmental planning and management of the Park, allowing subsidies for future studies of the management plan and management of the area in question.

**Keywords:** Morphopedology, Landscape, Parna, Cangas.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa do Modelo Digital de Elevação (MDE) do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA. ....	17
Figura 2: Mapa de Localização do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA. ....	19
Figura 3: Perfil Laterítico .....	22
Figura 4: Fluxograma esquemático dos procedimentos metodológicos do trabalho. ....	27
Figura 5: Mapa Hidrográfico do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA. ....	33
Figura 6: Aspectos da drenagem; período seco e úmido do Parna dos Campos Ferruginosos. ....	34
Figura 7: Escoamento das águas pluviais sobre canga. ....	35
Figura 8: Cavidades em áreas de ferro no Parna dos Campos Ferruginosos. ....	36
Figura 9: Mapa de Geologia do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA. ....	38
Figura 10: Mapa de Declividade do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA. ....	40
Figura 11: Mapa Hipsométrico do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA. ....	42
Figura 12: As diferenciações da composição vegetacional no Parna. ....	44
Figura 13: Fisionomias da savana metalófila no Parque...em (a) canga nodular em (b) canga arbustiva. ....	45
Figura 14: Mapa de Vegetação do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA. ....	46
Figura 15: Mapa Geomorfológico do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA. ....	49
Figura 16: Mapa Pedológico do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA. ....	51
Figura 17: Mapa Pedogeomorfológico do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA. ....	53

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Correlação das unidades geomorfológicas e pedológica do Parna dos Campos Ferruginos, Carajás-PA. ....	55
---	----

## LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ASF	Alaska Satellite facility
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FLONA	Floresta Nacional de Carajás
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelos Digitais de Terreno
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PARNA	Parque Nacional
PNCF	Parque Nacional dos Campos Ferruginosos
PGC	Projeto Grande Carajás
S11D	Denominação de um Projeto de Mineração de Ferro
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
UC	Unidade de Conservação
UTM	Universal Transversa de Mercator

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO</b> .....	16
2.1. Modelo Digital de Elevação (MDE) do Parque .....	16
2.2. Caracterização da área de estudo.....	18
2.3. Solos lateríticos no sudeste do Pará (Plintossolos).....	20
2.4. Geossistemas ferruginosos .....	22
2.5. A Abordagem Morfopedológica .....	25
2.6. Materiais e métodos.....	26
<b>3. CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DO PARNA DOS CAMPOS</b> .....	31
3.1. Condições climáticas e hidrológicas.....	31
3.2. Formações geológicas e geomorfológica.....	36
3.3. Aspectos pedológicos e vegetacionais .....	43
<b>4. COMPARTIMENTAÇÃO MORFOPEDEOLÓGICA DO PARNA DOS CAMPOS FERRUGINOSOS</b> .....	48
4.1. Relações geomorfológicas e pedológicas do Parna.....	48
4.2. Caracterização Pedogeomorfológica do Parna.....	52
4.3. Cenários morfopedológicos e o planejamento ambiental .....	57
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	58
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	60

## 1. INTRODUÇÃO

A Serra dos Carajás, localizada no sudeste do estado do Pará, é a maior província mineralógica do planeta, abrigando a maior jazida de minério de ferro já explorada do mundo. Além de ferro, ela concentra uma grande quantidade de manganês, cobre, ouro e níquel, atingindo uma área de aproximadamente 1 milhão de quilômetros quadrados, a rica região mineral abrange o sudoeste do estado do Pará, o oeste do Maranhão e o norte do Tocantins (RIBEIRO, 2009).

A região de Carajás apresenta uma paisagem múltipla e complexa, paisagem essa resultante da variação das combinações geossistêmicas formada ao longo do tempo geológico. Esse cenário é um importante acervo do patrimônio biológico, ecológico e genético de um ecossistema de alta relevância ambiental. A exploração mineral dessa região desde 1960 - século passado, promoveu uma substancial mudança paisagística, ao converter grande áreas de florestas em imensas áreas de mineração, assim como acelerou a atividade pecuária e o desenvolvimento de centros urbanos, tais como a cidade de Parauapebas, Curionópolis, Eldorado dos Carajás, Canaã dos Carajás, Tucumã e até mesmo Marabá (GUSMÃO, 2015).

Carajás foi descoberta acidentalmente em 1967 quando um helicóptero a serviço de uma mineradora estadunidense teve que realizar um pouso de emergência em uma clareira da região. O geólogo que estava a bordo notou que havia poucas árvores no local, o que poderia ser causado pela presença de minério de ferro na superfície, impedindo assim o desenvolvimento de plantas de grande porte (RIBEIRO, 2009). Alguns anos após a descoberta dos minérios na região de Carajás, iniciou-se a exploração, pelo consórcio Amazônia Mineração da qual participavam a até então empresa estatal Companhia Vale do Rio Doce (CVRD) e a americana US Steel Corporation, no entanto a mineradora estadunidense se retirou da empreitada no final da década de 1970 (RIBEIRO 2009).

Anos mais tarde, a Companhia Vale do Rio Doce (hoje então apenas Vale) estabeleceu associação com um consolidado grupo empresarial japonês. Esta parceria, trouxe novo fôlego para a continuidade do projeto de exploração mineral. O chamado Projeto Grande Carajás (PGC). Além da extração mineral de ferro, cobre, bauxita (minério de alumínio), manganês o projeto também previa o investimento em atividades de reflorestamento, pecuária e agricultura.

O processo de antropização acelerado da região potencializou a importância das áreas protegidas ao seu redor, pois há uma grande biodiversidade existente nesta área, visto através de centenas de espécies animais assim como vegetais. Essa situação contribuiu para a criação

da Floresta Nacional de Carajás (Flona) em 1998. A Flona de Carajás integra o Conjunto de Unidades de Conservação de Carajás protegidas pelo Instituto de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), com o apoio da Vale, que desenvolve pesquisas, programas de monitoramento e um programa de recuperação de áreas. Em julho de 2017 parte da área da Flona, correspondente à Serra do Tarzan e à Serra da Bocaina, foram associadas para formar o Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (PNCF), onde a fauna e a flora dessas duas áreas tem proteção permanente.

Os Campos Ferruginosos abrangem uma área total de 79.029 mil hectares, a Unidade de Conservação (UC) de proteção integral possui 59 mil hectares de floresta dedicada à preservação integral da fauna e da flora, o parque concentra a maior quantidade de cavernas existentes no Brasil, com aproximadamente 350 cavernas de formatos únicos que abrigam diversas espécies raras (IBAMA, 2014). A referida área além de abrigar em seu interior diversos ecossistemas, incluindo grandes áreas de florestas nativas com várias espécies de fauna, ainda possui mananciais hídricos importantes para a estabilidade ambiental da região onde o mesmo está inserido.

O Parque está dividido em dois polígonos que abrange parte dos Municípios de Canaã dos Carajás e de Parauapebas, no Sudeste Paraense. O Parna abriga duas grandes serras, essas serras possuem em seu topo rochas ferríferas que foram expostas aos processos intempéricos por milhares de anos, formando assim uma densa carapaça conhecida como canga. *Canga* é um termo utilizado para designar depósitos lateríticos, a denominação laterita tem sido empregada para designar depósitos residuais endurecidos oriundos do intemperismo de rochas e materiais superficiais em alteração, situados em posições variadas do relevo regional (ESPÍNDOLA, 2008). O Parque também é cortado pelo o rio Parauapebas, sendo um dos seus componentes hídricos.

A criação do Parque atende ao cumprimento estabelecido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) e a mineradora Vale. Criado por decreto presidencial no dia 5 de junho de 2017 como compensação ambiental pela instalação do projeto de mineração de Ferro no Complexo Carajás S11D (IBAMA, 2016).

A conclusão desse processo de criação do parque foi o último passo dado desde a iniciativa do ICMBio em 2013, tendo como principal objetivo proteger os campos ferruginosos, um tipo raro de geossistema, associado aos afloramentos rochosos conhecidos como vegetação de canga ou como savana metalófila. Segundo Espindola (2008) um grande número de pesquisadores, principalmente do campo da geomorfologia, usualmente associa

esses corpos lateríticos (nódulos, concreções, carapaças e couraças) à evolução do relevo, pois conservariam antigas superfícies de erosão.

As características geológicas, geomorfológicas e pedológicas tornaram a região do Parque única em sua diversidade de ecossistemas e formações vegetais. Essas formações são recobertas por uma vegetação peculiar definida como vegetação rupestre sobre canga, sendo muitas espécies consideradas endêmicas desse ambiente. Dados do ICMBio contabiliza que atualmente o Brasil possui 324 unidades de conservação, e apenas seis dessas áreas tem sua formação associada a afloramentos rochosos com couraças ferruginosas, sendo os Campos Ferruginosos em Carajás, a mais recente.

O componente mais marcante da área em questão pauta-se nos solos, os solos da área são resultados dos intensos processos intempéricos sobre o relevo ocorrido ao longo de milhares de anos no material de origem das rochas ricas em ferro da região de Carajás. A interação morfológica permite o entendimento da evolução e da formação da paisagem endêmica da área como um todo. Os solos em áreas de canga apresentam variações na cobertura vegetal, vegetação essa que dependem diretamente do nível de aprofundamento e da fragmentação da rocha sobre a qual ela se desenvolve.

Diante das dinâmicas pedológicas seguimos o seguinte objetivo:

- Identificar e analisar por meio da abordagem morfopedológica a inter-relação entre as formas do relevo e os tipos de solo que constitui a paisagem do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, subsidiando assim ações de planejamento ambiental.

Como objetivos específicos podemos pontuar:

- Caracterizar os componentes geoambientais que compõem a paisagem do Parque com foco nos tipos de solo e as tipologias de relevo/hipsometria,
- Correlacionar solo/relevo para entender a importância da gênese das paisagens.
- Compor o cenário morfopedológico dos Parques fazendo proposições para o fortalecimento dos estudos para a conservação das áreas de canga.

Sendo os solos a característica mais marcante dessas áreas, associá-los ao tipo de relevo parece ser uma alternativa viável e útil aos estudos sobre a dinâmica da paisagem no Parque. A hipótese central desse trabalho é parte da ideia de que o relevo e o conjunto de condições climáticas e geológicas característicos da área tornam possível a coexistência de paisagens diferentes, que vai desde solos profundos, e solos em ambientes escarpados, bem como solos pouco desenvolvidos em relevos de elevadas altimetrias.

Então devido ao pouco conhecimento da área torna-se necessário o fortalecimento dos estudos para a conservação de canga, depósitos residuais endurecidos oriundos do intemperismo de rochas e materiais superficiais em alteração, situados em posições variadas do relevo regional têm sido denominadas de “laterita” (ESPÍNDOLA, 2008).

Diante do que já foi apresentado o Trabalho está estruturado em cinco capítulos, nos quais se tentou chegar as respostas para as indagações lançadas ao longo da pesquisa.

Capítulo 1- Introdução que vai tratar do contexto regional da área, em que está presente o objetivo da pesquisa a hipótese e a justificativa.

Capítulo 2- Referencial teórico e metodológico que vai tratar da descrição da área de estudo e seus condicionantes naturais, para que possamos analisá-los e correlaciona-los com o estudo aqui trabalhado.

Capítulo 3 - Trata da caracterização geoambiental dos parques fazendo assim uma caracterização geral das condicionantes do Parna com o uso das bases cartográficas.

Capítulo 4 - Compartimentação morfopedológica dos Campos Ferruginosos para fazer uma correlação entre o solo e o relevo da área para entender a dinâmica da paisagem, fazendo assim uma preposição para o fortalecimento dos estudos para a conservação das áreas de cangas.

Por fim, o capítulo 5- aborda as conclusões e fechamentos dos dados encontrados, respondendo assim as indagações iniciais do trabalho.



## 2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

### 2.1. Modelo Digital de Elevação (MDE) do Parque

O sensoriamento remoto é uma técnica que obtém informações sobre uma determinada área ou objeto através de instrumentos que não estejam em contato físico direto com o objeto ou a área em questão, desempenhando assim um grande salto na obtenção de informações e análises espaciais, resultando em bases cartográficas específicas, de acordo com a resolução da imagem. Através dessas bases de dados é possível gerar Modelos Digitais de Terreno (MDT) ou modelos digitais de elevação (MDE), que representa uma das ferramentas de grande importância no que diz respeito a análises de fins cartográficos.

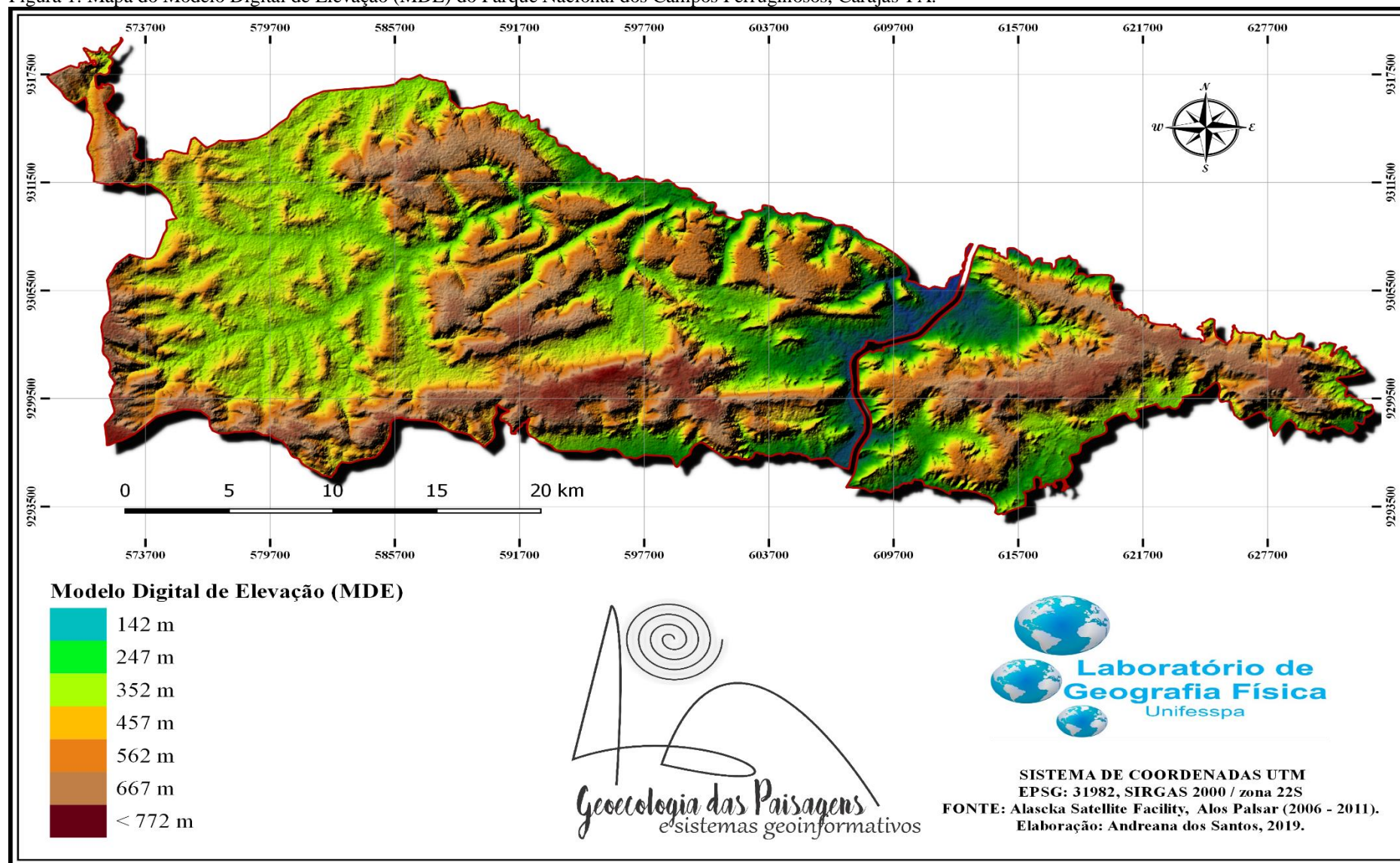
Os MDE's são representações matemáticas e computacionais de um determinado fenômeno contínuo que ocorre em um espaço espacialmente localizado, gerados em formato digital. Permitem análises mais eficientes e mais complexas e de rápido acesso para tomadas de decisão. Permitem análises de diversos pontos visuais, e sem a necessidade de o observador trabalhar diretamente no local.

Através do MDE (Figura 4), também é possível gerar uma série de mapas, temáticos e sombreados, calcular áreas, traçar perfis, analisar impactos visuais e ambientais, e outros diversos. Enfim, ele se aplica a análise de qualquer dado geofísico e geoquímico, informações meteorológicas, etc. Os recursos de geoprocessamento são ferramentas tecnológicas importantes para a caracterização do espaço. O que explica no presente trabalho, a utilização destes para a composição de uma rica base de dados sobre os Campos Ferruginosos

O levantamento de dados para a criação de bases cartográficas é um passo muito importante e dentre os procedimentos necessários, o mais demorado para dar prosseguimento na elaboração de mapas temáticos. Devem ser realizados com seriedade, ou ainda obtido através de fontes confiáveis, para que haja maior precisão das informações a serem espacializadas.

O MDE é um recurso geotecnológico que possibilita a extração de dados morfométricos da superfície terrestre, tais como: Aspecto (estudo dos efeitos do sombreado no terreno), Hipsometria (estudo das faixas altimétricas) e Declividades (estudo de faixa de declividade), todas informações com a sua devida relevância para a área. Imagem de satélite, modelos digitais de elevação e mapas diversos são algumas das ferramentas da geotecnologia que só tem

Figura 1: Mapa do Modelo Digital de Elevação (MDE) do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

## 2.2. Caracterização da área de estudo

A Serra dos Carajás estende-se do município de São Félix do Xingu, a oeste, até Curionópolis, extremo leste, sendo os principais platôs encontrados nos municípios de Parauapebas e Canaã dos Carajás (Viana et al. 2016). Duas Unidades de Conservação (UCs) incluem as áreas de canga desses dois municípios: a Floresta Nacional de Carajás (FLONA), que abrange a Serra Norte e Serra Sul, onde são realizadas atividades de mineração, e o Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (Parna), uma unidade de conservação que protege integralmente a Serra do Tarzan e Serra da Bocaina de atividades minerárias (ZAPPI, 2017).

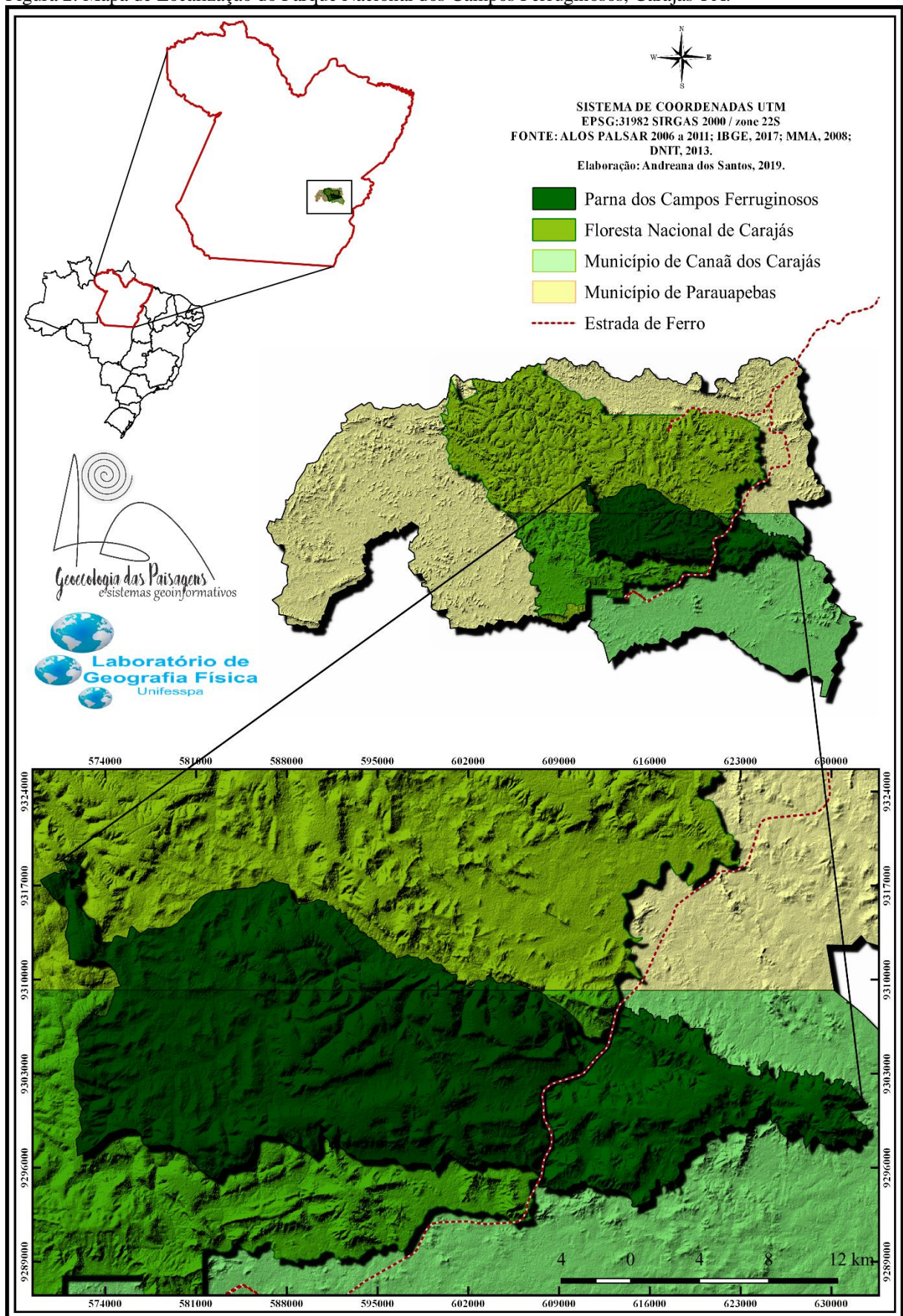
O Parque Nacional dos Campos Ferruginosos é caracterizado por uma rica biodiversidade e geodiversidade associadas aos geossistemas ferruginosos. O cenário formado por campos rupestres e savanas em meio à floresta tropical, é considerado pelo Ibama um tipo raro de ecossistema, com uma área total de 79.029 mil hectares, a Unidade de Conservação de proteção integral possui 59 mil hectares de floresta dedicada a preservação integral da fauna e da flora, o parque concentra a maior quantidade de caverna existente no Brasil, com aproximadamente 350 cavernas de formatos únicos que abrigam diversas espécies raras e endêmicas, ou seja, exclusivas da região (IBAMA, 2003).

A criação do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos atende ao cumprimento estabelecido pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis à mineradora Vale, criado por decreto presidencial no dia 5 de junho de 2017 como compensação ambiental pela instalação do projeto de mineração de Ferro no complexo Carajás S11D, a conclusão desse processo de criação do parque foi o último passo dado desde a iniciativa do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) em 2013, tendo como principal objetivo proteger os campos ferruginosos, um tipo raro de ecossistema, associado aos afloramentos rochosos conhecido como vegetação de canga ou como savana metalófila.

O Parna dos Campos ferruginosos está dividido em dois polígonos que abrange parte dos Municípios de Canaã de Carajás e de Parauapebas, no sudeste paraense (Figura 1), são eles: a Serra da Bocaina também conhecida como Serra do Rabo, localizada entre a rodovia PA-160 e o Rio Parauapebas e a Serra do Tarzan, próxima ao projeto sossego, essas serras possuem em seu topo rochas ferríferas expostas aos processos intempéricos por milhares de anos, formando assim uma densa carapaça conhecida como canga. A região é predominantemente composta por formações florestais, sob o domínio da Floresta Amazônica,



Figura 2: Mapa de Localização do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

havendo manchas de vegetação aberta no topo das serras, as quais ocupam menos de 5% da paisagem (AB'SABER 1986).

O Parque também abriga em seu interior diversos ecossistemas, incluindo grandes áreas de florestas nativas e mananciais importantes para a proteção das águas da região, foi criado com o intuito de proteger as diversidades biológicas das Serras da Bocaina, do Tarzan e suas paisagens naturais com seus diversos valores abióticos associados, garantindo assim a continuidade dos serviços ecossistêmicos e também a proteção do patrimônio espeleológico de formação ferrífera e da vegetação de campos rupestres ferruginosos, contribuindo para a estabilidade ambiental da região onde o mesmo está inserido.

### 2.3. Solos lateríticos no sudeste do Pará (Plintossolos)

Os solos são o resultado das ações climáticas sobre as rochas e os sedimentos, e a influência do relevo depois de um determinado tempo (LEPSCH, 2002). A variabilidade de ocorrência de solos é muito grande, porque mesmo que a maior parte dos fatores de formação do solo seja mantida, ao variar um de seus componentes, tem-se produtos (solos) diferentes. As condições geomorfológicas presentes no Parna dos Campos Ferruginosos explicam as características dos solos da região. Que por sua vez, estes são:

(...) resultante da ação integrada do clima e organismos sobre o material de origem, condicionado pelo relevo em diferentes períodos de tempo, o qual apresenta características que constituem a expressão dos processos e dos mecanismos dominantes na sua formação (GUERRA e CUNHA, 2004, p.66).

Segundo Schaefer et al. (2007), a maior parte da Serra Sul de Carajás é formada por Plintossolos Pétricos, além de, em menores proporções, Cambissolos, Latossolos e Organossolos. Os Plintossolos são solos constituídos por material mineral que apresentam horizonte plíntico, petroplíntico ou concrecionário. A plintita se caracteriza morfológicamente por padrões definidos de formas e cores, com consistência que vai de dura a muito dura quando seca e firme a muito firme quando úmida (EMBRAPA, 2006).

A composição e distribuição desses solos, condicionam características intrínsecas ao mesmo, e a paisagem presente na área. Eles podem ser profundos, quando se apresentam em área de floresta densa, e rasos quando estão sob áreas de campos rupestres. São solos muito intemperizados, ácidos, velhos, pobres em nutrientes e de baixa fertilidade. A plintita sob efeitos de sucessivos ciclos de umedecimento e secagem acaba sofrendo consolidação irreversível, formando assim um material extremamente duro, denominado de petroplintita (cascalho laterítico, concreções lateríticas, canga), de dimensões ou formas variadas (laminar, nodular), individualizadas ou aglomeradas (EMBRAPA, 2006).

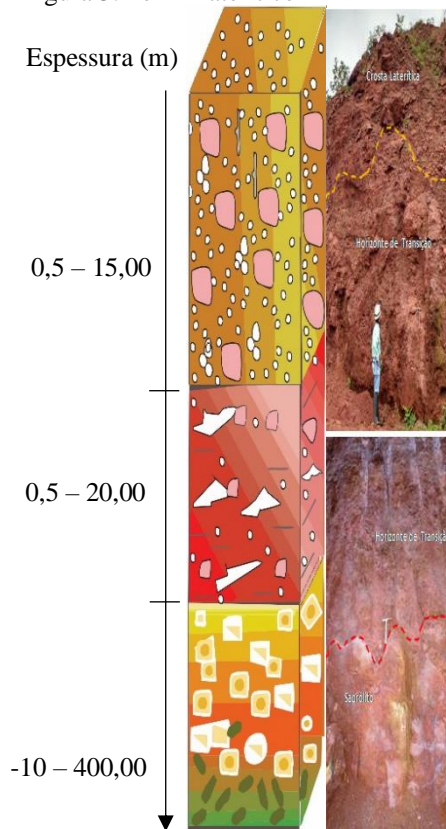
A plintita é definida como uma formação constituída de mistura de material de argila com grãos de quartzo e de outros minerais, pobre em carbono e rica em Fe, ou Fe e Al, que, sob vários ciclos de umedecimento e secagem, consolidam-se irreversivelmente (CORRÊA, 2011). O Fe envolvido nesse processo pode ser proveniente do material de origem ou translocado de outros horizontes, e até mesmo de áreas adjacentes mais elevada. “...caracterizando então a laterização que é favorecida em regimes com marcada alternância entre as estações secas e úmidas”. (GUERRA e CUNHA, 2004).

A indefinição sobre os aspectos químicos, mineralógicos, morfológicos e genéticos das lateritas, fez com que ocorressem várias tentativas de classificar os materiais ricos em ferro e alumínio que apresentam endurecimento. Espindola classifica os materiais lateríticos como:

Depósitos residuais da crosta terrestre originados de acúmulos relativos e absolutos e constituintes resistentes à intemperização. São muito expressivos em regiões tropicais e associam-se a solos muito desenvolvidos, espessos e dessaturados, que durante muito tempo foram designados “lateríticos”. Sob a forma de depósitos contínuos (couraça), as superfícies geomorfológicas as exibe a diferentes profundidades, o que afeta as relações entre a pedogênese (evolução do solo) e a morfogênese (elaboração de formas de relevo) (ESPINDOLA, 2008, p.21).

O termo laterita é utilizado para rochas formadas ou em fase de formação por meio de intenso intemperismo químico de rochas pré-existentes, inclusive lateritas antigas sob condições tropicais ou semelhantes. Segundo Guerra e Cunha (2004) o desenvolvimento de terrenos lateríticos foram favorecidos no decorrer das fases de aplainamentos ocorridos durante os ciclos geomorfológicos quando grandes pediplanos se desenvolveram, servindo assim como uma superfície estável para os diferentes horizontes lateríticos. As lateritas podem ter aspecto maciço, terrosos ou argilosos, com coloração que varia de vermelho, violeta, amarelo, marrom até branco (Figura 02).

Figura 3: Perfil Laterítico



**Crosta laterítica:** horizonte endurecido formado por material detrítico de cor marrom-avermelhado, composto de sedimentos clásticos angular-sub-angular centimétricos a métricos, com cimentos de oxi-hidróxidos de alumínio e ferro. Localmente apresenta uma textura maciça mostrando poros e porções pisolíticas. A relação do cimento clástico varia de acordo com a espessura. Os clastos são compostos de fragmentos de minério de ferro hematítico ainda preservando a textura reliquiar jaspilítica e/ou rochas vulcânicas máficas degradadas, bem como fragmentos da crosta laterítica. Isso apresenta um aspecto de brecha, localmente conglomerático.

**Horizonte de transição:** Esse horizonte possui uma espessura irregular por vezes mostrando feições relacionadas com as crostas lateríticas superpostas ou características referentes ao saprólito, logo abaixo com características de aspecto textural frágeis. O material detrítico da crosta laterítica e fragmentos do saprólito coexistem nesse horizonte.

**Saprólito:** Composto por argila avermelhada com manchas esbranquiçadas ou amareladas as vezes caulínicas. Esse horizonte apresenta espessura variável e comumente mostra pedaços de rocha preservados internamente. O saprólito apresenta ainda arranjo interno herdado da rocha que lhe deu origem, o saprólito é o produto do intemperismo.

Fonte: Elaborado pela autora (2019), Foto: <http://gmga.com.br/>.

São encontrados por toda Amazônia, mas somente as lateritas ferruginosas e bauxíticas constituem grandes corpos. De acordo com Costa (1991), na região de Carajás ocorrem vários tipos de lateritas, sendo mais importantes, os ferruginosos, bauxítico, manganésíferos, auríferos e níquelíferos.

#### 2.4. Geossistemas ferruginosos

Desde a concepção da Teoria Geral dos Sistemas, de Bertalanffy, no início do ano de 1950 em meados do século XX, que a análise sistêmica perpassa por todas as disciplinas. O trabalho de Jean Tricart (1977), com a sua classificação ecodinâmica do meio ambiente, já assinala o aparecimento da teoria sistêmica na Geografia. Bertalanffy fortalece a concepção sistêmica salientando que:

“É necessário estudar não somente partes e processos isoladamente, mas também resolver os decisivos problemas encontrados na organização e na ordem que os unifica, resultante da interação dinâmica das partes, tornando o comportamento das partes diferentes quando estudado isoladamente e quando tratado no todo” (BERTALANFFY, 1973, p. 53).

Tricart (1977) define o sistema como um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Esses fluxos originam relações de dependência mútua



entre os fenômenos. Para o autor, esse conceito permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade da análise e a necessidade da visão de um conjunto, capaz de possibilitar uma atuação eficaz sobre o meio ambiente. Através da análise de um sistema, se reconhecem conceitualmente as partes interativas do mesmo, o que torna possível captar a rede interativa sem ter de separá-las.

A discussão da noção de paisagem e sua evolução na Geografia e a sistematização do conceito de geossistema para compor o método de análise da paisagem foram a base, no Brasil, para os esforços de análises integradas na tentativa de articular o maior número possível de correlações dos diferentes atributos na estrutura de uma paisagem (Monteiro, 2001). O conceito de paisagem foi definido por Ab'Saber (1969) como o resultado dos processos passados e atuais, onde a compartimentação regional da superfície ocorreu em períodos passados e a dinâmica das paisagens ocorrem em períodos atuais.

O fato de a análise integrada da paisagem considerar a dimensão natural e social dos sistemas paisagísticos possibilita avaliar como acontece a interação sociedade-natureza nos diferentes espaços, neste estudo apresentou-se o resultado da aplicação da análise integrada da paisagem por meio do método de análise sistêmica. Os sistemas formadores das paisagens são complexos e, para compreendê-los, deve-se levar em consideração os estudos sobre a estrutura, funcionamento, dinâmica temporal e evolução das paisagens, para assim fazer apontamentos sobre o grau de modificação e transformação antropogênica (VIDAL, 2014).

Bertrand (1972) definiu a paisagem como uma entidade global, que possibilita a visão sistêmica numa combinação dinâmica e instável dos elementos físicos, biológicos e antrópicos. O autor salienta que as escalas tempo-espaciais foram utilizadas como base geral de referência para todos os fenômenos geográficos e que todo estudo de um aspecto da paisagem se apoia num sistema de delimitação mais ou menos esquemático, formado por unidades homogêneas e hierarquizadas, que se encaixam umas nas outras.

O conceito de geossistema surgiu na escola russa de um esforço de regularização sobre o meio natural, suas estruturas e seus mecanismos tal como existem na natureza. O termo geossistema foi utilizado em 1963 por Sotchava (1977) para descrever a esfera físico-geográfica, que apresentava características de um sistema, com base no fato de que as geosferas terrestres estariam interrelacionadas por fluxos de matéria e energia.

Pensar a paisagem como sistema significa ter uma concepção do todo, compreendendo as inter-relações entre as partes no sistema. Analisar a paisagem significa aceitar sua existência e sua organização sistêmica como uma realidade objetiva, considerando-a como um sistema material e concebendo-a como uma totalidade, que se apresenta como um fenômeno integral.



Segundo Rodriguez (2010), a paisagem pode ser entendida como um sistema dinâmico e aberto que interage com as paisagens circundantes através da troca de matéria e energia. A paisagem é assim, “um conjunto inter-relacionado de formações naturais e antroponaturais” (RODRIGUEZ, SILVA E CAVALCANTI, 2010).

Na tentativa de melhor compreender a paisagem da região e identificar a natureza dos fatores que levaram a sua formação e a atual configuração do Parna, a abordagem da Geoecologia das Paisagens foi considerada a de maior relevância para tal análise, dessa forma, para a elaboração do trabalho, será utilizado como suporte teórico-metodológico o Método Sistêmico. De acordo com Tricat (1977), através da análise de um sistema, reconhecem-se conceitualmente as suas partes interativas, o que torna possível captar a rede interativa sem ter de separá-las.

Ao definir o conceito de “sistema”, Christofolletti (1980) afirma que ele é constituído pelas seguintes unidades condicionantes: atributos ou objetos, componentes, relações, entrada (input) e saída (output) de matéria e energia. Portanto, os sistemas envolvem interação e dinamismo entre os seus componentes e se configuram pelas trocas de matéria e energia. Para Tricat (1977) o conceito de sistema é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente. Entretanto, para discutir e analisar os achados da pesquisa que abordam discussões sobre “cangas” ou seja áreas de extensos solos concrecionados, o contexto metodológico da Geoecologia da Paisagem foi primordial.

Outra ideia necessária para a compreensão da formação da canga, é o conceito de geossistema, resultado da combinação de fatores geológicos, climáticos, geomorfológico, hidrológico e pedológicos associados a alguns tipos de exploração biológica. Tal associação expressa a relação entre o potencial ecológico e a exploração biológica e o modo como esses variam no espaço e no tempo, conferindo uma dinâmica ao geossistema. Por sua dinâmica interna, o geossistema não apresenta necessariamente homogeneidade evidente. Na maior parte do tempo, ele é formado de paisagens diferentes, que representam os diversos estágios de sua evolução.

Sotchava (1977) diz que o tema geossistema corresponde a sistemas territoriais naturais que se distinguem no contexto geográfico e são constituídos por componentes naturais interrelacionados no tempo e no espaço. Dias e Santos (2007) confirmam a afirmação de Sothava (1977) e ainda acrescentam que o geossistema é o resultado da combinação dinâmica entre os fatores fisiográficos (rochas, relevo, água, solos, clima, entre outros), os biológicos e os antrópicos.

Os geossistemas ferruginosos incluem todos os seus componentes físicos, tanto os componentes

mineralógicos, hidrológicos e pedológicos, como todas as relações existentes entre os mesmos. Afinal, enquanto sistema, estas unidades espaciais compostas predominantemente por litologia ferruginosa interferem no ecossistema e nas manifestações e intervenções antrópicas ao longo do tempo e do espaço, e ao mesmo tempo, sofrem as interferências dessas ações. O termo geossistema ferruginoso é utilizado neste trabalho para se referir às unidades espaciais cujo substrato litológico é constituído por rochas ferruginosas, como formações ferríferas bandadas, itabiritos, jaspilitos, cangas dentre outros.

Considerando que a geodiversidade interfere direta e indiretamente na biodiversidade (Castro, 2008), assegura que os diferentes tipos de cangas condicionam e proporcionam o desenvolvimento dos geossistemas locais, com características específicas em cada ambiente.

## 2.5. A Abordagem Morfopedológica

Podemos definir a morfopedologia como o produto da correlação entre o substrato rochoso, os solos e o relevo. Assim examinados e em escala de mais detalhe, pode caracterizar e expressar ordens de grandeza intermediárias ou pequenas, conhecidas como morfopedológicas (CASTRO E SALOMÃO, 2000). De acordo com Castro e Salomão a compartimentação morfopedológica pode ser entendida como:

fisionomias (externalidade) do meio físico biótico e abiótico que revelam um tipo reconhecível e delimitável de modelado do relevo suportado por organizações/estruturas litológicas e pedológicas (internalidade), cujos atributos e funcionamentos revelam consonância histórico-evolutiva, no tempo e no espaço, e são passíveis de observação relativamente direta através de procedimentos de compartimentação do modelado em escala de semi-detalhe ou detalhe, bem como de representação nessas mesmas escalas, e nas quais o uso e ocupação são capazes de induzir mudanças de formas, materiais e processos, de modo continuado ou rápido e intenso, induzindo mudanças no seu funcionamento e conseqüentemente na sua fisionomia (CASTRO & SALOMÃO, 2000, p. 32-33).

Segundo Barbalho (2002) a morfopedologia tem como objetivo delimitar unidades da paisagem e/ou compartimentos a partir dos processos complexos de morfogênese e pedogênese explicitamente relacionados entre si, que lhe conferem uma dinâmica de evolução específica. Estes processos variam em função da declividade, da natureza das rochas, do material superficial, do clima, da formação vegetal e do solo.

A geomorfologia é a ciência que estuda as formas, gênese e evolução do modelado do relevo e de uma paisagem, representando assim a expressão espacial de uma superfície e compondo

diferentes configurações na paisagem morfológica. As formas representam a sua expressão espacial, compondo as diferentes configurações da paisagem morfológica (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Christofoletti (1980) ainda diz que a Geomorfologia serve para se analisar as grandes formações regionais do relevo, através da morfogênese. É o seu aspecto visível, a sua configuração que caracteriza o modelado topográfico de uma área. Entretanto, a geomorfologia não se detém, apenas, em estudar os aspectos que envolve os processos responsáveis pela configuração de um relevo, mas também é responsável pela distribuição dos grandes grupos de solos existentes em uma determinada paisagem.

O Parna estar inserido em uma estrutura geológica bem antiga denominada de Cráton Amazônico que teve seu processo de formação ainda no período Pré-cambriano, composto por rochas antigas (SOUZA, 2015). É evidente que o relevo atual, cuja diversidade superficial é produto do intemperismo da rocha e da cobertura vegetal, encontra-se diretamente relacionado aos processos de pedogênese influenciados pelos diferentes domínios climáticos.

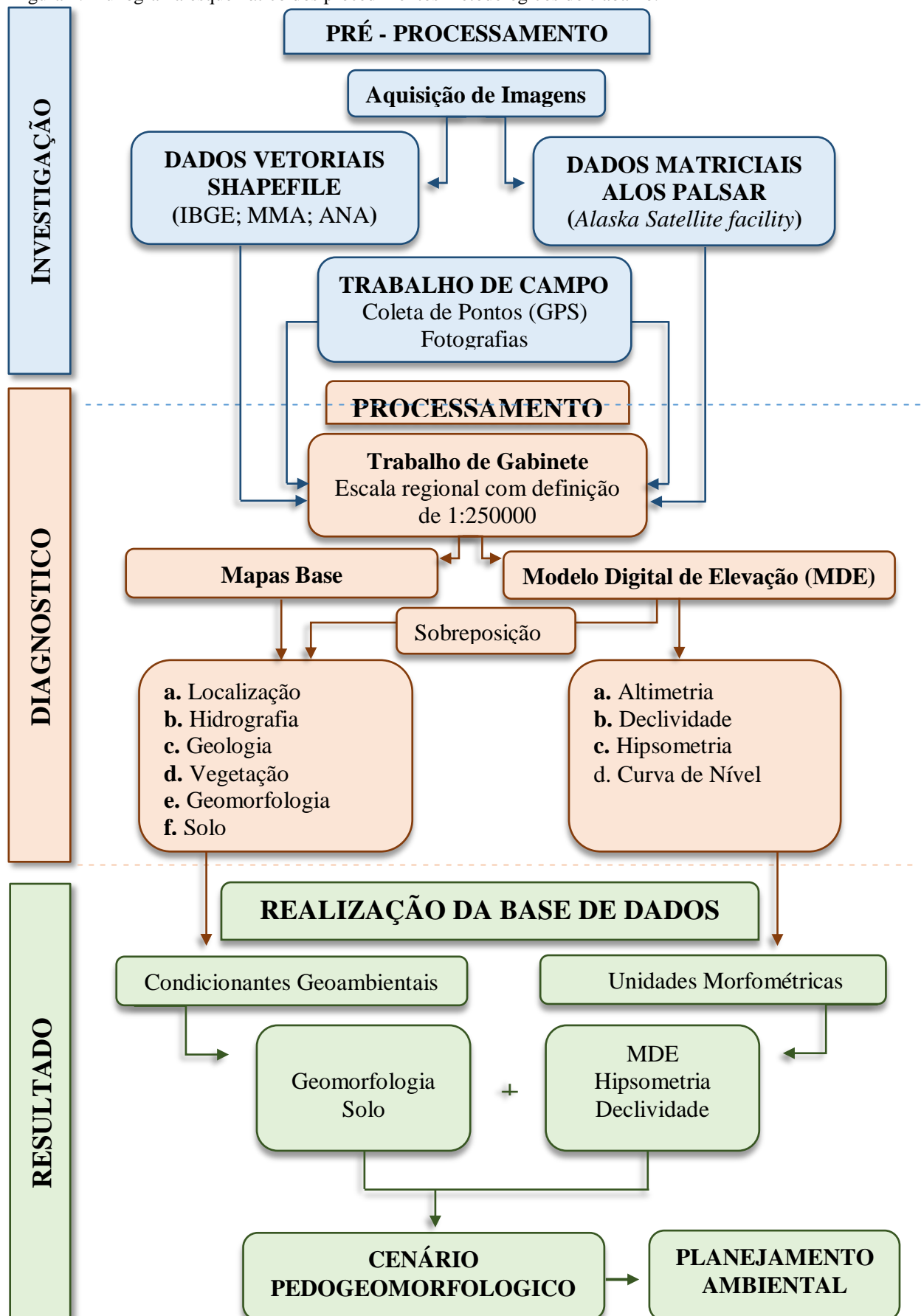
De acordo com a classificação taxonomia do relevo proposta por Ross (1992), todo relevo terrestre pertence a uma determinada estrutura que o sustenta e mostra um aspecto escultural, desta forma o primeiro táxon corresponde às unidades morfoestruturais, estas abrangem maior extensão em área e representam a influência do substrato geológico (as grandes unidades geotectônicas) na configuração atual da morfologia, isto significa que o relevo terrestre é composto por estruturas geológicas antigas que o sustentam, sendo classificado pelo autor como o primeiro nível taxonômico.

Já o segundo táxon corresponde às unidades morfoesculturais e representam a atuação diferencial dos processos geomorfológicos (Eventos tectônicos, processos erosivos ou deposicionais) na esculturação do relevo, dentro de uma mesma unidade morfoestrutural, que é decorrente de ações climáticas atuais e pretéritas dessa estrutura, a Região de Carajás é composto pelo Planalto Dissecado do Sul do Pará e a Depressão Periférica do Sul do Pará onde o Parna dos Campos Ferruginosos está inserido.

## **2.6. Materiais e métodos**

Os métodos seguirão as bases fundamentadas nos aspectos teóricos-metodológicos da Geoecologia das Paisagens, em eixos operacionais e temáticos, na qual consiste na síntese dos componentes geoambientais para a realização da análise integrada (figura 3). As etapas compreenderam a revisão de literatura de materiais pertinentes a cada área de estudo, para que houvesse um melhor embasamento teórico-metodológico do trabalho.

Figura 4: Fluxograma esquemático dos procedimentos metodológicos do trabalho.



O presente trabalho buscou abordar o mapeamento geomorfológico considerando os condicionantes morfoesculturais proposto por Ross (1992). Para isto, utilizou-se escala regional em todas as etapas do trabalho.

No primeiro momento houve a fase da investigação que se deu a partir da revisão de literatura e pesquisa bibliográfica como a leituras de livros, teses, dissertações, artigos pertinentes a área de estudo para que se tivesse um melhor embasamento teórico-metodológico do trabalho; atividade de campo com visita à área para coleta de pontos de GPS, levantamento fotográfico e aproximação de dados, o que nos possibilitou conhecer a realidade do Parque, *in situ*; aquisição de imagens tais como *Shapefiles* em sites como IBGE, MMA e ANA, também foi realizado a aquisição de imagens de satélite de dados matriciais do projeto ALOS PALSAR pré-processado com correção de terreno e exportado em formato GeoTIFF, disponibilizadas e adquiridas gratuitamente através do site *Alaska Satellite facility* (ASF) para a elaboração dos mapas, síntese cartográfica. Os mapas temáticos da área de estudo foram elaborados com escala de 1:250.000, no sistema de coordenadas UTM (*Universal Transversa de Mercator*) e o Datum SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) / zona 22s.

Em um segundo momento, após o período de coleta de dados houve a fase do diagnóstico a partir dos trabalhos de processamentos realizados no Laboratório de Geografia Física da Unifesspa, o software livre *QGIS 2.18.18* foi utilizado para interpretação e processamento das informações de dados espaciais, obtidos a partir da caracterização e identificação dos condicionantes da área, para que fosse possível a determinação dos parâmetros levando a uma interpretação preliminar da geologia, hidrografia, vegetação, pedologia e geomorfologia da área; pontos de GPS para cruzar os dados em gabinetes com os dados de morfologia/relevo e hipsometria, permitindo assim um uma melhor espacialização das informações.

Para a elaboração dos mapas temáticos de geologia, geomorfologia, solo e vegetação da área de estudos os dados utilizados foram obtidos pelo site do IBGE na aba de geociência, onde foi possível realizar o download dos dados do tipo *Shapefile* de todas as feições que o trabalho necessitava, para o mapa Pedológico foram identificadas 5 classes de solos que foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), (EMBRAPA, 2006), sete formações geomorfológicas seguidas de acordo com Sistema de Classificação de Geomorfologia do IBGE (2009), Para a elaboração do mapa de hidrografia foi utilizado o *Shapefiles* da Agência Nacional de Águas (ANA) do ano de 2017. O MDE também se tornou uma ferramenta de fundamental importância no que se refere aos mapas

temáticos, pois a partir da sobreposição dos mesmos foi possível uma visão mais realista da área de estudo, nos permitindo assim ter a noção de toda a morfologia da área estudada.

Também se procedeu à análise da base de dados topográficos, à definição das escalas e resoluções espaciais, objetivando a elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDE) para isso foi utilizado a ALOS PALSAR (2006-2011) das cenas AP 27102 FBS F7050 RT1, AP 26854 FBS F7060 RT1 e AP 27102 FBS F7060 RT1, com resolução espacial de 12,5 metros. Os dados topográficos foram usados para a elaboração dos seguintes produtos: declividade, hipsometria, curva de nível, orientação das vertentes do relevo e a criação de perfil topográfico.

Uma vez adquirida as cenas, elaborou-se o mosaico (união das cenas) e foi feito o recorte da área de estudo. Para o mapa de declividade executou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) na imagem recortada, o resultado desse modelo, foi caracterizado em porcentagem, sendo evidenciada a variação de declividade da área do PARNA dos Campos Ferruginosos, os quais foram divididos em sete Classes hipsométricas, por meio da ferramenta (*r.reclass*) contida no Grass Gis 7 integrada ao Qgis 2.18.18, as classes empregadas segundo a EMBRAPA, sendo elas: Relevo Plano, Suave Ondulado, Moderadamente Ondulado, Ondulado, Forte Ondulado, Montanhoso e Escarpado.

Para o mapa Hipsométrico foi inserido o recorte e foi corrigida a elevação para o valor mínimo e máximo, no caso do PARNA, 143 m e acima de 700 m. Para recodificar as classes da imagem para melhor visualização da hipsometria, decidiu-se apresentar os limites de altitude para cada classe, utilizou-se a extensão GRASS Gis 7 do *Software* Qgis 2.18.18 na ferramenta (*r.recode*), foi inserido o código que redefinia os limites, assim criando 8 classes. No arquivo já recodificado, inseriu-se uma cor para cada classe, indo do verde, a classe com menor valor altimétrico; ao vermelho, a classe de maior valor altimétrico. Para melhor visualização da hipsometria, foi inserido o MDE, foram utilizadas as faixas definidas pela classificação das formas de relevo adotada pela EMBRAPA. Foi realizada a extração das curvas de níveis do recorte, e escolhido o intervalo de linhas de 100m, de equidistância das curvas de níveis.

A última etapa foi a dos resultados, a análise foi conduzida de modo a evidenciar o cenário pedogeomorfológico, ou seja, a correlação do relevo e do solo e a influência exercida na formação e espacialização da paisagem do Parna. Foi realizada a sobreposição dos mapas de geomorfologia e de solos, para que fosse possível verificar as classes de solos pertencentes a cada feição geomorfológica, permitindo uma análise dos dados, abordando as seguintes

relações: clima/hidrografia; Declividade/Hipsometria; geologia/geomorfologia; geomorfologia/solo; solo/vegetação.

Como suporte teórico para os mapeamentos, principalmente o geomorfológico, foi utilizada a classificação taxonômica do relevo discutido por Ross (1992). Essa classificação compreende 6 (seis) táxons. Nesse estudo foi considerado o 3º táxon, devido à escala espacial trabalhada. Desta forma foi proposta, a princípio, uma divisão taxonômica das unidades que representassem feições geomorfológicas com forte relação com a geologia, os grandes arranjos estruturais e as variações litológicas. Tais fatores geram arranjos regionais do relevo com formas variadas, mas que guardam relações causais entre si. Para hierarquizar as feições geomorfológicas a serem interpretadas e mapeadas, foram categorizadas sete formações geomorfológicas, são elas: Encosta íngreme de erosão, Homogênea aguçada, Homogênea convexa, Homogênea tabular, Pediplano degradado inumado, Pediplano retocado inumado, e Rampa de colúvio.

Também buscou-se estabelecer as influências pedológicas na modificação das formas do relevo, expondo: relação das ações hídricas em solos com a modificação da forma de vertentes; relação dos processos de laterização do solo e as influências na morfogênese da paisagem; relação dos movimentos de massa com a elaboração de novas formas do relevo.

Por fim, promovem-se discussões teóricas que elucidam subsídios metodológicos da Pedologia para a Geomorfologia em relação à interpretação evolutiva das paisagens, evidenciando as formações superficiais e cobertura pedológica. Nesse contexto, discute-se brevemente uma metodologia específica, a Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, que avança no estudo integrado (sistêmico) dos solos e relevos, contribuindo assim para a proposição do Plano de Manejo do Parna dos Campos Ferruginosos.

### **3. CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DO PARNA DOS CAMPOS FERRUGINOSOS**

A caracterização geoambiental permite entender de que forma todos os componentes se inter-relacionam. Para a área de estudo tem-se um relevo com formações antigas, com solos mais resistentes em áreas mais elevadas (com feições geomórfica em Platô) e um sistema hidrológico com baixo potencial, já nas áreas abaixo de suas vertentes temos solos facilmente erodíveis com um potencial hídrico mais elevado. Nesse contexto, torna-se importante compreender suas características geoambientais para que suas potencialidades sejam utilizadas de forma sustentável, evitando assim degradações dos sistemas ambientais mais sensíveis a ação humana.

Entender essas relações como foco na relação solo-relevo não é tarefa fácil, uma vez que o solo, além da drenagem, sofre influências das formas de relevo, do material de origem, da cobertura vegetal e, principalmente, da ação do clima e de organismos sobre o material de origem, condicionado pelo relevo em diferentes períodos de tempo.

#### **3.1. Condições climáticas e hidrológicas**

O Sudeste Paraense reflete uma extensa área de transição entre cerrado e floresta amazônica, caracterizando assim uma ampla região ecotonal que ajudou a criar quadros paisagísticos únicos, sustentados por uma grande variedade de solos (AB'SABER 1986). Dentre os ambientes, destaca-se nestes estudos relacionados às formações ferríferas que, por milhões de anos, dão forma a amplos platôs de canga ferrífera. Tais ambientes são marcados por terrenos contrastantes aos padrões regionais que geralmente são compostos por extensas colinas de pouco declive.

Do ponto de vista climático, a região está localizada na faixa conhecida como corredor seco da Amazônia Oriental, representando uma faixa climática transicional entre a Bacia Amazônica e o Planalto Brasileiro, e apresentando grande variedade de fácies locais de pequena expressão geográfica (VANZOLINI; BRANDÃO, 1986).

O clima da área é tipicamente tropical, quente e úmido, enquadrado como do tipo Aw pela classificação de Köppen, com temperaturas médias oscilando entre 19 e 31°C (PEREIRA, 1991). Possuindo como característica marcante um índice pluviométrico anual elevado e a presença de um período bem definido de estiagem. O regime pluviométrico dos Campos Ferruginosos apresenta um ciclo unimodal, com verão chuvoso que se inicia em outubro, atinge o ápice no período de janeiro a março e termina em maio, e inverno seco, o inverno dura, em média, de maio a outubro sendo marcado por chuvas torrenciais.



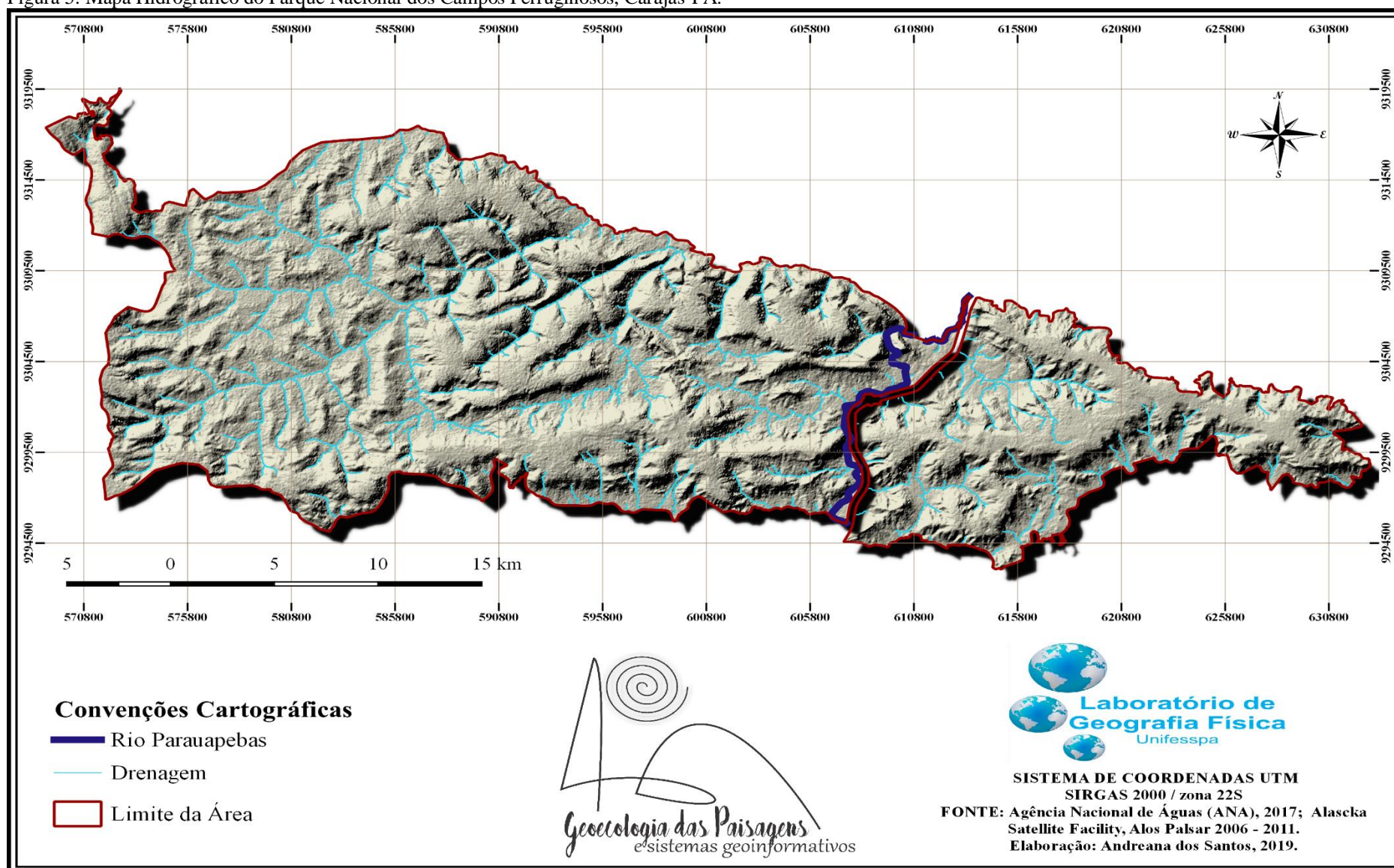
No Parna, em meio à Floresta Tropical do sul da Amazônia, encontram-se dois platôs ferruginosos, com dimensões variadas associados às formações de vegetação aberta sobre canga ferrífera, abriga uma flora peculiar, com alto número de espécies endêmicas, e adaptações a condições extremas como solo ácido e pobre em nutrientes (Nunes et al. 2015), com altas concentrações de metais pesados (Schettini et al. 2018), temperaturas elevadas e forte sazonalidade, com uma estação seca bem definida (MOTA et al. 2015).

A maior parte da região Ferrífera de Carajás é drenada pela rede hidrográfica do Rio Itacaiúnas, que desemboca na margem esquerda do Rio Tocantins, em Marabá. O seu principal afluente e o Rio Parauapebas, que corta a parte leste da Serra Sul; outros afluentes e subafluentes importantes são o Azul, Cinzento, Aguas Claras, Anta e Tapirapé. As nascentes dos principais rios estão situadas nas encostas da Serra dos Carajás, subdividida em Serra Norte e Serra Sul, dentro dos limites da Floresta Nacional de Carajás. (IBAMA, 2003).

O sistema hidrográfico dos Campos ferruginosos é representado pela bacia do rio Parauapebas (figura 5). A rede de drenagem é dependente principalmente do regime de chuva da região (VALENTIM; OLIVITO, 2011). Toda a rede hidrográfica é caracterizada pelos declives fortes e pelo caráter torrencial dos rios. Intensamente dissecada por vales encaixados, adaptados a redes de fraturas em rochas arqueanas e com poucas estruturas, onde grande parte das drenagens correm em vales encaixados, num relevo marcado pela dissecação das rochas (SCHAEFER, 2016, IBAMA, 2003).

São nos platôs constituídos por Plintossolos Pétricos que as drenagens começam a se definir e cujo lençol freático exerce menor influência, formando assim um pedoclima menos úmido. Nessas condições a degradação das concreções hematíticas é menor e sua estabilidade é mantida por mais tempo em relação aos solos mais afastados das bordas (CORRÊA, 2011).

Figura 5: Mapa Hidrográfico do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Por conta disso, o lençol freático não contribui para manutenção da drenagem superficial em função da sua pouca permeabilidade, impedindo assim a infiltração da água da chuva no solo e a alimentação da drenagem subterrânea, provocando infertilidade e acidez, este fator, contribui para a retenção de água em superfície e a formação de lagoas (IBAMA, 2003), que permanecem quase sempre perenes, mesmo durante o período de estiagem. Em contrapartida, na área há também a formação de canais intermitentes que possuem escoamento apenas na estação chuvosa, secando durante a estação seca (Figura 6).

Figura 6: Aspectos da drenagem; período seco e úmido do Parna dos Campos Ferruginosos.



Fonte: Pesquisa de campo, Fotos: Vidal, 2018.

A área de maior altimetria do Parque, que são áreas planas recobertas por cangas, encontraremos um material muito resistente a erosão pela água corrente, por isso, as linhas de drenagem sobre as superfícies plano-onduladas das clareiras limitam-se a uns poucos sulcos não-ramificados, e o escoamento das águas pluviais é realizado como uma lâmina quase contínua (figura 7). Nela se observa uma densidade média de drenagem, apresentando um padrão dendrítico. Nas áreas altas, os vales são essencialmente fechados, em forma de V e, em alguns casos, em forma de U aberto onde ocorrem planícies aluvionares mais extensas (ARAÚJO; MAIA, 1991).



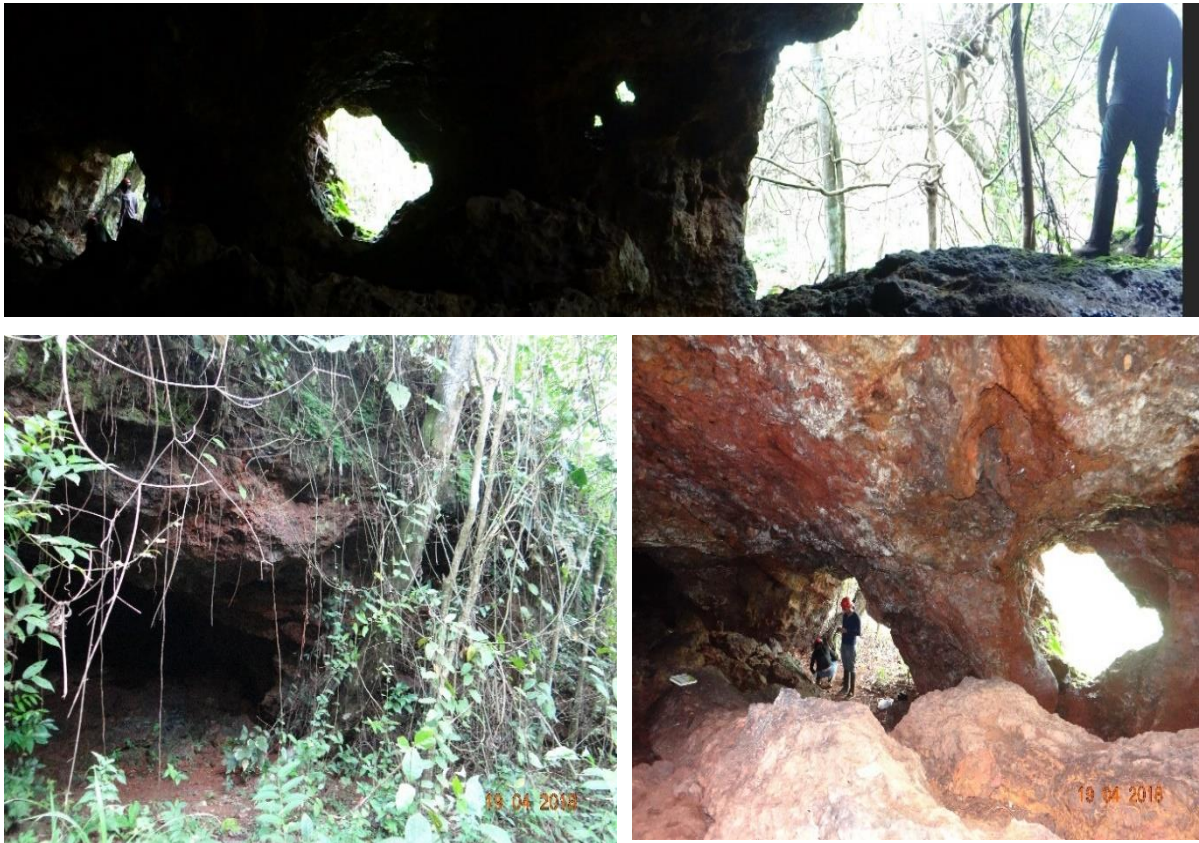
Figura 7: escoamento das águas pluviais sobre canga.



Fonte: Zappi et al. 2017.

Nas partes mais altas e de maior declive, o escoamento é mais rápido, porém as áreas mais planas, que geralmente predominam na maioria das clareiras, ficam alagadas após cada chuva, contribuindo assim para a superfície irregular das cangas, que é cheia de cavidades de forma e tamanho irregular (Figura 8).

Figura 8: Cavidades em áreas de ferro no Parna dos Campos Ferruginosos.



Fonte: Pesquisa de campo, Fotos: Vidal, 2018.

A água que extravasa das áreas alagadas abate-se pelas bordas das escarpas da chapada, que vão alimentar os cursos d'água intermitentes nos vales situados a um nível 300 ou 400 m abaixo das clareiras (BEISIEGEL et al., 1973).

A resistência da canga a erosão é maior que a dos materiais que ela campeia. Daí resulta que, no contorno da chapada, onde a canga termina, além de manter as escarpas, ela forma as cavernas pela erosão dos materiais situados sob a mesma. O processo de solapamento acaba determinando a ruptura de blocos de canga. Através desse mecanismo vai se processando uma lenta redução da área de chapada. A morfologia das áreas de clareira é controlada pela litologia, pela estrutura e pela história geomorfológica da região. A existência de drenagens interiores é evidenciada pela presença de lagoas suportadas pelas formações ferríferas do grupo Grão Pará. (BEISIEGEL et al., 1973).

### 3.2. Formações geológicas e geomorfológica

Quanto à geologia, a área de estudo encontra-se inserida no Cinturão Itacaiúnas, uma província geotectônica com metassedimentos, metavulcânicas, gnaisses e granulitos (CPRM, 1991). Os múltiplos eventos geológicos na região foram responsáveis pelas condições que possibilitaram as ocorrências e jazidas de importantes recursos minerais hoje conhecidos nesta

área como Província Mineral de Carajás. Ocorrem, na região da Serra de Carajás, rochas essencialmente pré-cambrianas de origem variada e distintos graus de metamorfismo (RESENDE e BARBOSA, 1972).

Esse processo evolutivo é considerado como o principal responsável pela formação de expressivas coberturas lateríticas na região, tendo como principal consequência o enriquecimento expressivo em ferro a partir das rochas da formação ferrífera bandada, sejam elas itabiritos ou jaspilitos (Beisiegel et al. 1973). Nesse contexto, os platôs da Serra dos Carajás estão sustentados em parte por coberturas lateríticas detríticas (cangas), constituídas essencialmente de fragmentos relictuais de hematita/magnetita, uma evidência de que a origem dessas coberturas se deu a partir das alterações intempéricas das formações ferríferas bandadas (BEISIEGEL et al. 1973).

Táxons endêmicos da área de estudos, as cangas de Carajás são áreas montanhosas e antigas da Amazônia, com origem no pré-Cretáceo formadas a partir do arrasamento de terrenos pré-cambrianos soerguidos, gerando planícies que sofreram posteriores soerguimentos e dissecações, quando eventos supergênicos do Sul do Pará deram origem às expressivas coberturas laterítica da região e uma série de superfícies de aplainamento descontínuas (AB'SABER 1986; VIANA et al. 2016). As áreas de cangas a exemplo dos Campos Ferruginosos localizam-se em *hotpots* mundiais de diversidade (SMITH e CLEEF, 1988).

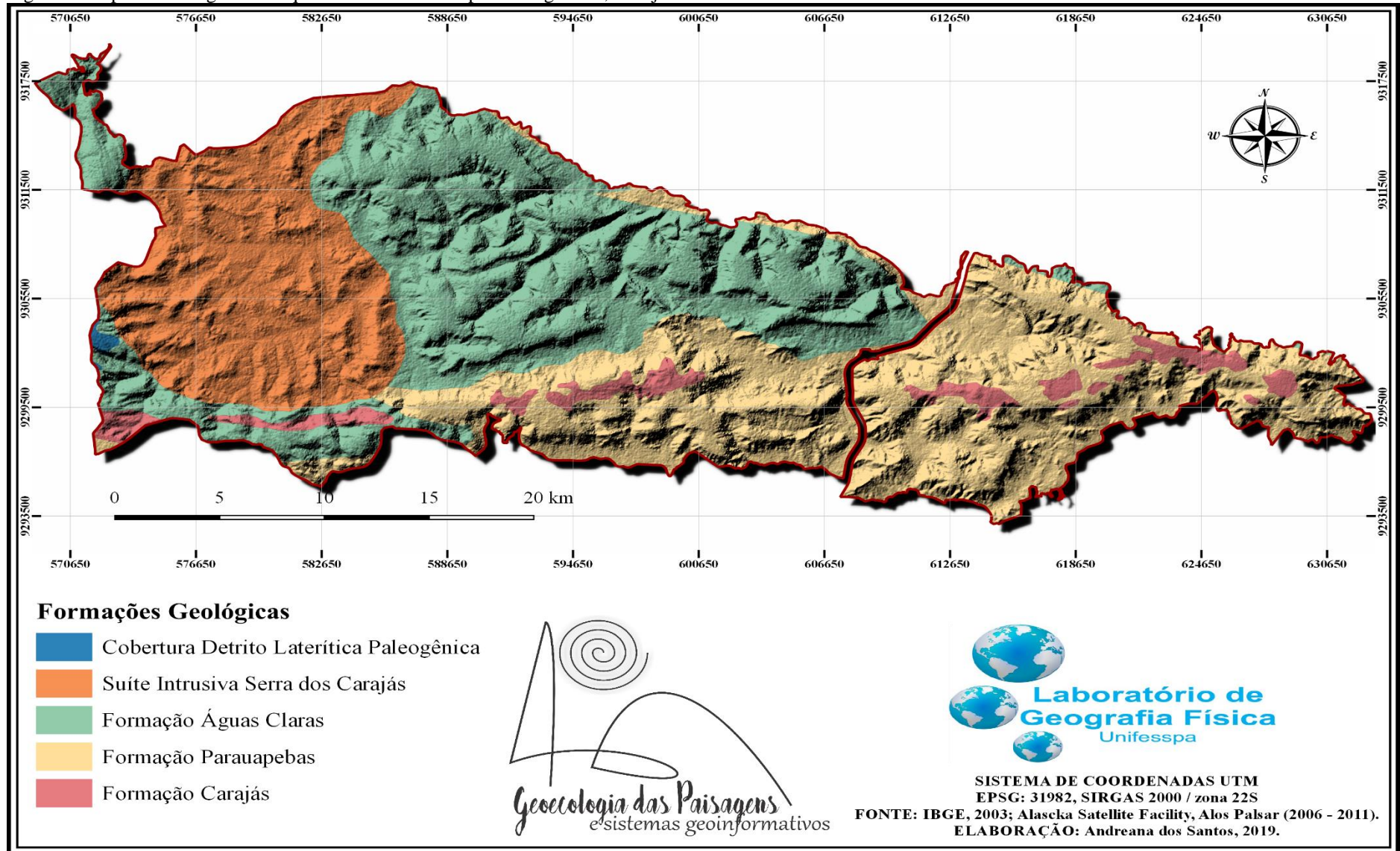
Em âmbito regional, as formações ferríferas de Carajás situam-se no Cráton Amazônico, mais especificadamente no domínio tectônico de Carajás da província homônima, este domínio, com ênfase ao Supergrupo Itacaiúnas, Grupo Grão-Pará, abriga a grande maioria das rochas máficas desta unidade. Segundo Ab'Saber (1986) o maciço de Carajás corresponde aos restos de uma paleocordilheira arrasada, com a idade de seu aplainamento situada entre o fim do Mesozoico e a primeira parte do Terciário, sobre rochas arqueanas dobradas de grau metamórfico muito baixo (Formações Parauapebas, Carajás e Águas Claras) (figura 9).

A Formação Carajás é constituída essencialmente por itabirito e seus produtos de alteração é o intemperismo. Constituída principalmente por formação ferrífera bandada (jaspilitos), a Formação Carajás é geradora de todos os corpos de minério de ferro da Serra dos Carajás (RESENDE E BARBOSA, 1972).

Os Campos Ferruginosos são constituídos principalmente das rochas do grupo Grão-Pará, envolvendo tanto as formações ferríferas: formação Carajás e as metavulcânicas formação Parauapebas, como os metassedimentos formação Águas Claras. As formas



Figura 9: Mapa de Geologia do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

estruturais têm sua formação e evolução condicionada às características geológicas da área (AB'SABER, 1969; ROSS, 1992).

Em termos geomorfológicos, a Região de Carajás está inserida no domínio do Planalto Dissecado do Sul do Pará, caracterizado por maciços residuais de topo aplainado e conjuntos de cristas e picos interpenetrados por faixas de terrenos mais baixos (BRASIL, 1974). Essas feições elevadas são interpenetradas por faixas de terrenos rebaixados com altitudes variando entre 500 e 600 metros. O outro compartimento de expressão regional é a Depressão Periférica do Sul do Pará, cuja presença é discreta, mas tem expressão no contexto dos domínios mais rebaixados e aplainados que se encontram compreendidas entre 200 e 300 metros (MARTINS, et al, 2012). Esta unidade apresenta-se intensamente dissecada por vales encaixados, adaptados a redes de fraturas em rochas arqueanas e poucas estruturas proterozoicas.

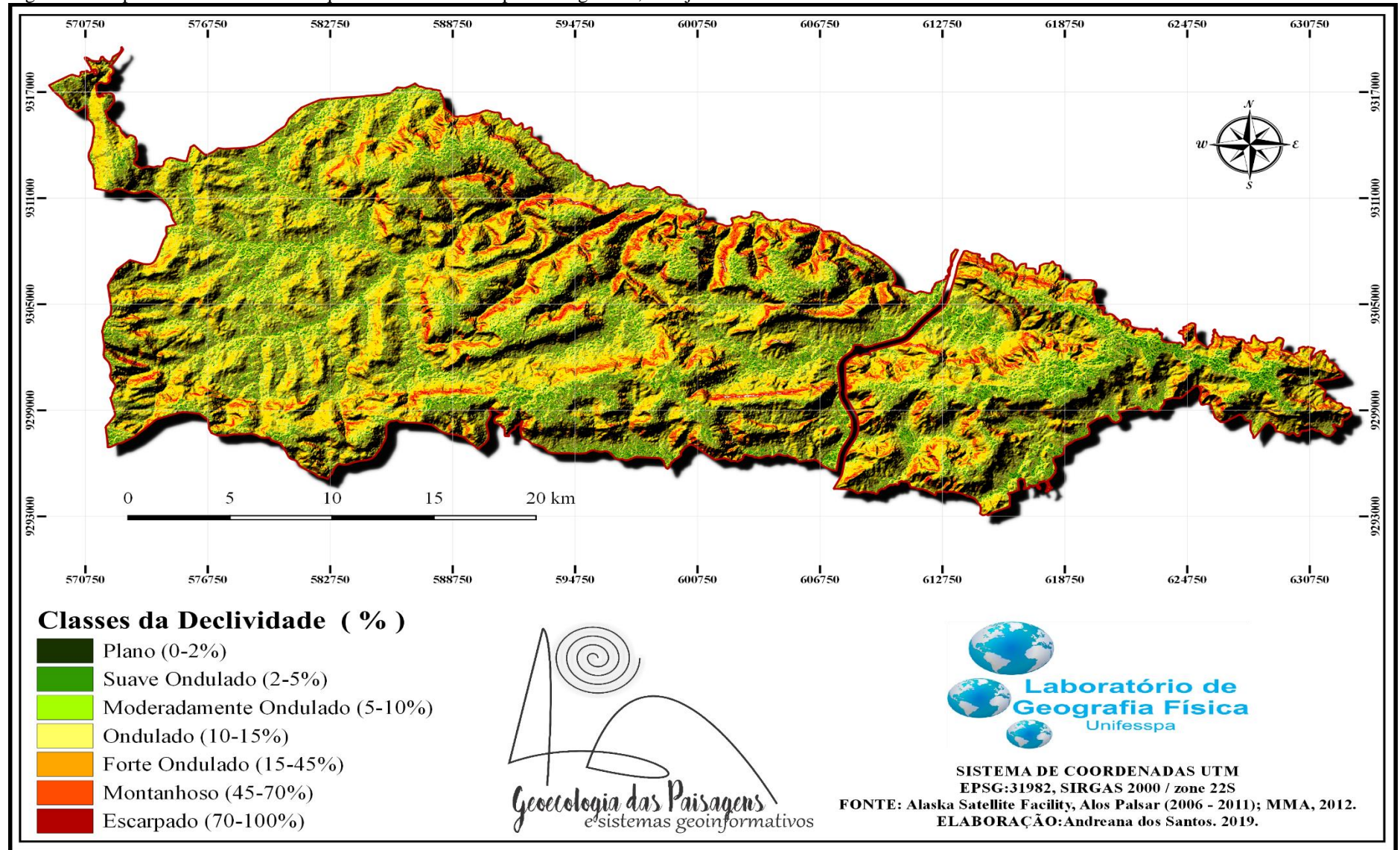
A geomorfologia analisa as formas de relevo focalizando suas características morfológicas, materiais componentes, processos atuantes e fatores controladores bem como a dinâmica evolutiva. Compreende os estudos voltados para os aspectos morfológicos da topografia e da dinâmica responsável pelo funcionamento e pela esculturação das paisagens topográficas. Dessa maneira, ganha relevância por auxiliar a compreender o modelado terrestre de uma determinada área e sua organização espacial (Christofoletti, 1980).

A ciência geomorfológica tem nas formas do relevo seu objeto de estudo Marques (2012). De acordo Christofoletti (1980) as formas representam a expressão espacial de uma superfície, compondo as diferentes configurações da paisagem morfológica. Na análise geomorfológica compreender formas e processos de formação do relevo e de fundamental importância para o conhecimento geográfico, no transcorrer do tempo pretérito e dos processos atuais. No tocante a geomorfologia, Vidal (2014) afirma que “o relevo é a base da estrutura das paisagens, pois suas características geomorfológicas regulam os processos de formações das paisagens”.

O Parna dos Campos Ferruginosos se destaca em meio à essa vasta paisagem regional, que considerando a variável declividade é composta por relevos que vai desde os planos, suaves ondulados e moderadamente ondulados de baixas altitudes, em média de 142 a 457 m em relação ao nível do mar aos ondulados, forte ondulado, montanhoso e escarpado tem em média de 457 a acima de 700 m (figura 10), originalmente recobertos por florestas tropicais densas, ao escarpado com platôs acima de 700 m recoberto por refúgios vegetacionais. O relevo é forte ondulado e montanhoso, predominando declividades acima de 20 %. Na porção inferior de algumas encostas ocorrem declividades de 9-20 %, caracterizando um relevo ondulado (SCHAEFER et al. 2007).



Figura 10: Mapa de Declividade do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

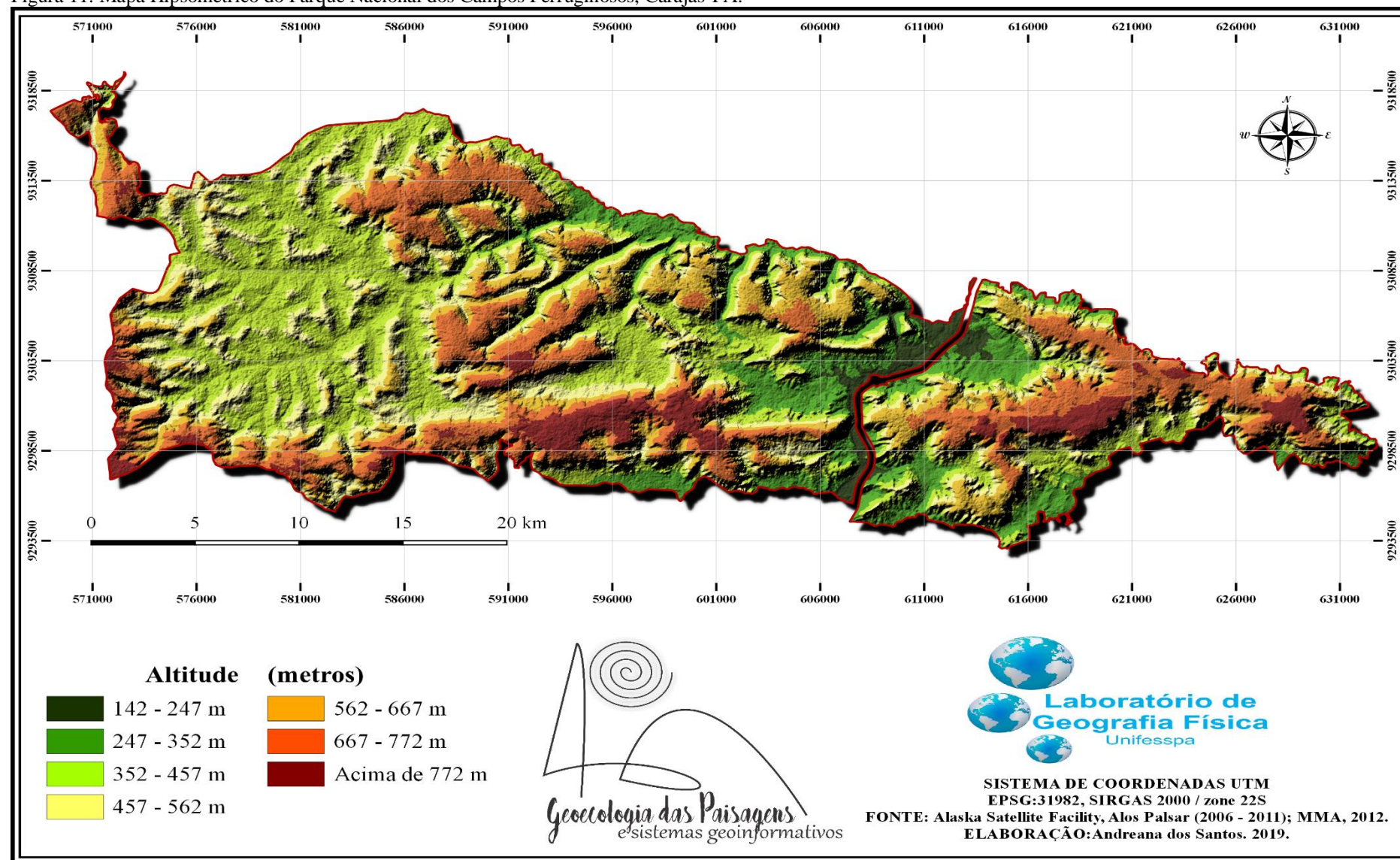
Em geral os topos regionais são extensos e aplainados, tendendo localmente a tabulares, constituindo testemunhos de uma superfície de aplainamento resultante de uma pediplanação terciária que reelaborou um Pediplano Cretáceo ou Pré-Cretáceo (ARAÚJO e MAIA, 1991). São poucos os topos de forma arredondada e ainda mais raros aqueles de forma angular, ocorrendo apenas no extremo sudoeste da Serra dos Carajás e no extremo sudeste dos Campos Ferruginosos na serra da Bocaina.

Os ciclos de aplainamento e erosão foram frequentes na região, configurando a província mineral, principalmente sobre meta vulcanismos básicos e formações ferríferas do Arqueano, bem como rochas sedimentares Arqueanas (Maurity, 1995). Os platôs ferríferos apresentam-se como fragmentos de dimensões variadas, por vezes com algumas dezenas de quilômetros de extensão e trabalhados por uma evolução morfodinâmica singular no contexto regional. Eles possuem encostas com predomínio de feições côncavas portadoras de depósitos de tálus grosseiros originários da erosão e solapamento da capa de canga que reveste e mantém os platôres (SCHAEFER et al., 2007).

A altitude média permanece ligeiramente abaixo dos 247 m, chegando a uma altitude acima de 700 m nas áreas mais elevadas. As encostas são suaves onduladas a onduladas, mesmo que as bordas das raras elevações deste domínio apresentem vertentes retilíneas. Estes eventos afetaram as sequências de forma heterogênea, resultando no contato de litologias semelhantes, mas com graus distintos de alteração hidrotermal, metamorfismo de contato e intensidade de deformação (ZUCCHETTI, 2007).

Por meio do mapa hipsométrico obtive-se variação em sete classes altimétricas (Figura 11), a classe de 142 a 247m, embora não quantificada em quilômetros, corresponde a menor altitude do parque, sendo portanto áreas de alagamentos em períodos chuvosos. Por outro lado, uma grande área do parque possui altimetria entre 667m a 772m que favorece o escoamento hídrico, e outras áreas com elevação altimétrica acima de 772m, servindo como divisor de águas.

Figura 11: Mapa Hipsométrico do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

### 3.3. Aspectos pedológicos e vegetacionais

Os solos assumem grande importância na relação entre a vegetação e o meio ambiente. É marcante na região a influência litológica e estrutural sobre a evolução do relevo e também sobre a distribuição e características dos solos. Estes, sobre as formações ferríferas, em geral são rasos, ácidos, de baixa fertilidade, com baixa capacidade de retenção de água e com alta concentração de ferro oxidado (SCHAEFER et al., 2008). Os solos da área de estudo se enquadram nas classes dos Cambissolos, Neossolos Litólicos e Plintossolos Pétricos, Denominações estabelecidas através do Sistema Brasileiro de Classificação de solos (EMBRAPA, 2006).

Os solos por sua vez são resultados do processo de dessificação do material de origem, bem como da alternância do regime hídrico, em virtude do arrasamento dessas rochas ricas em ferro ao longo de milhões de anos por processos intempéricos. Nos locais de ocorrência das formações ferríferas, há a formação de concreções ferruginosas superficiais, estas que se distribuem nos platôs mais elevados do parque.

Esse aspecto confere ao Parque um mosaico de solos onde a maioria deles, sobretudo, os mais antigos e concrecionários têm em sua composição dois minerais importantes, denominados de plintita e petroplintita que condicionam características intrínsecas aos mesmos, podendo ser profundos, quando se apresentam em área de floresta densa, e rasos quando estão sob áreas de campos rupestres a maior parte do parque é formado por solos concrecionários, considerados como Plintossolos Pétricos (EMBRAPA, 2006), além de, em menores proporções de outros tipos de solos.

Correlacionando as ocorrências das formações vegetacionais com as diferentes classes de solos, nota-se que para cada tipo de vegetação ocorre a formação de solos próprio da região. Nas áreas onde possui solos pedregosos rico em ferro e em outros minérios, a vegetação aparece com plantas baixas e ervas, crescendo em lugares onde a sobrevivência é um verdadeiro desafio (Zappi, 2017). A deficiência hídrica do solo parece representar um fator muito importante na formação da vegetação (FALESI, 1980).

Os solos em áreas de canga apresentam variações na cobertura vegetal, vegetação essa que dependem diretamente do nível de aprofundamento e da fragmentação da rocha sobre a qual ela se desenvolve.

A presença de vegetações abertas, savanizadas na Amazônia, no caso de Carajás, representam verdadeiras clareiras dominadas pela vegetação de canga (Secco e Mesquita, 1983), e são um ambiente de enclave dentro do domínio da floresta tropical (AB'SABER,



1986). considera tais enclaves como testemunhos de uma cobertura vegetal arcaica, que teria antecedido a recente expansão das coberturas florestais.

Quanto à vegetação dos Campos Ferruginosos, abriga dois ambientes fitogeográficos bem distintos: um tipicamente arbóreo, representado pela Floresta Ombrófila em suas diferentes fácies; e por uma formação herbáceo-arbustiva, denominada Savana Metalófila (Porto e Silva, 1989). Ambas as formações florísticas apresentam diversas fácies, influenciadas por atributos ambientais tais como a natureza dos solos, a disponibilidade hídrica, sua distribuição na paisagem e sua conexão com os ambientes florestais vizinhos. Todas essas gamas de fatores contribuem para que haja um variado gradiente vegetacional que vai do ambiente perenifólio ao decíduo (Silva et al., 1989).

A relação entre a vegetação rupestre sobre canga e as altas concentrações de ferro, pobreza de nutrientes e baixa capacidade de retenção de água no substrato pode ser um fator crítico para o estabelecimento de um processo de seleção natural (Silva et al., 1989), favorecendo o desenvolvimento de uma diversidade exclusiva de espécies vegetais e endemismo. Além disso, a disponibilidade de água, causada pela profundidade do solo deve representar um fator relevante na distribuição da vegetação na canga.

Vale salientar o quanto é nítido a transição da vegetação da área que vai desde áreas campestre até florestais, as quais se mostram fortemente condicionadas pelas características pedológicas, são vários os tipos de solos que podem ser encontrados nessa região formando assim um quadro de grandes diversidades paisagísticas e geoambiental (Figura 12).

Figura 12: As diferenciações da composição vegetacional no Parna.



Fonte: Pesquisa de campo, Foto: Vidal, 2018.

A vegetação associada às cangas (couraças ferruginosas), tem sido classificada com a denominação de Campo Rupestre sobre Canga (Viana e Lombardi, 2007), Campo Ferruginoso (Vincent, 2004). O termo Campo Rupestre Aberto também é utilizado por (Nunes, 2015) para designar a vegetação subarbustiva herbácea associada aos afloramentos rochosos.

A vegetação da área foi classificada segundo o Manual Técnico da Vegetação Brasileira, IBGE (1992), e adaptações feitas através da classificação de Rizzini (1997), que descreveu com propriedade a Vegetação de Canga/ ou campos rupestres (Figura 13).

Figura 13: Fisionomias da savana metalófila no Parque...em (a) canga nodular em (b) canga arbustiva.

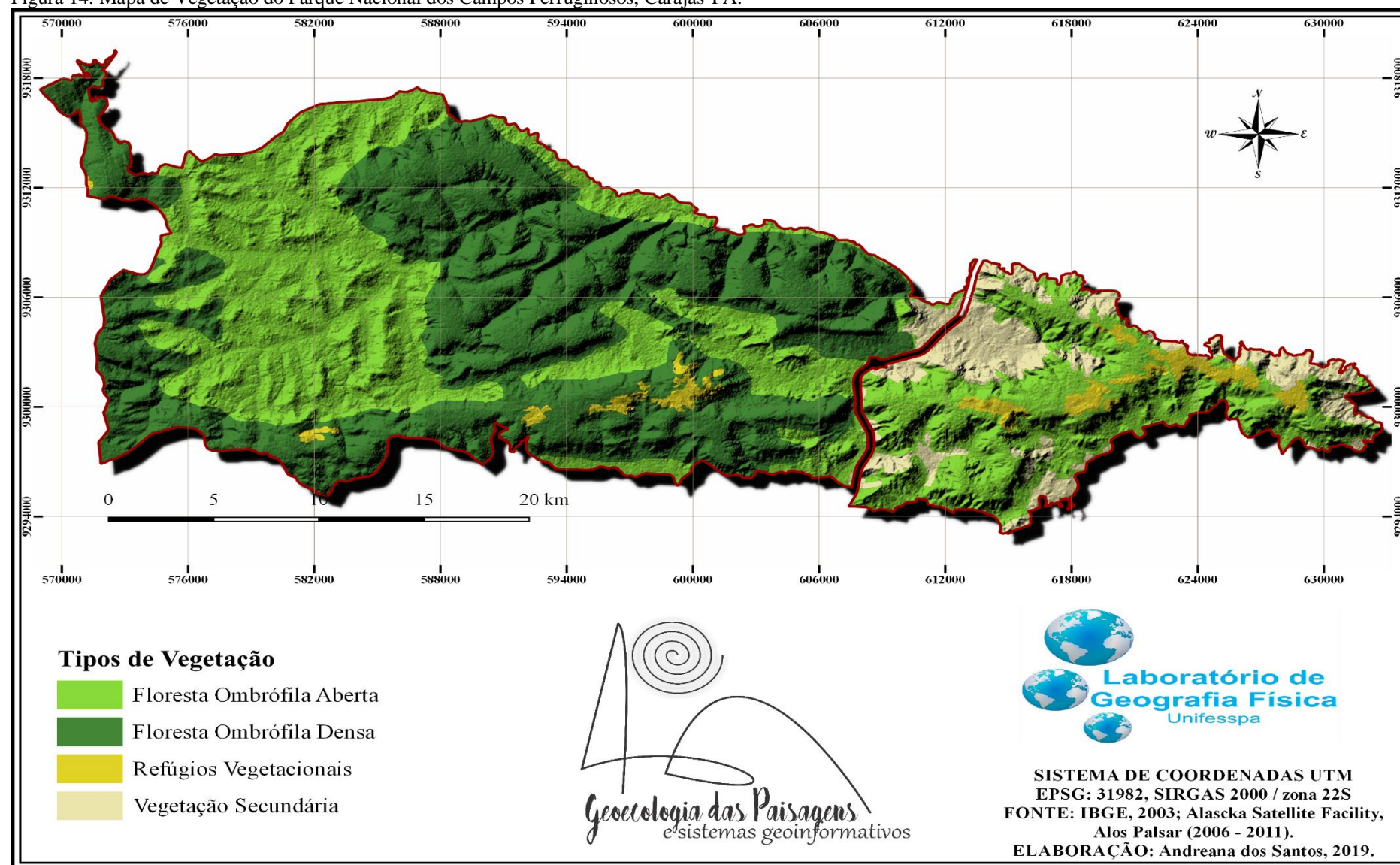


Fonte: Pesquisa de campo, Fotos: Vidal, 2018.

Foram registradas as cinco principais tipologias (Figura 14), formada por um mosaico onde predomina a Floresta Ombrófila Aberta, com manchas dispersas de Floresta Ombrófila Densa, presença de Vegetação Secundária, Refúgios Vegetacionais e áreas que antes tinham o uso voltado para a Pecuária.



Figura 14: Mapa de Vegetação do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

A principal cobertura vegetal da região é a Floresta Ombrófila Aberta, com variações locais, a maioria associada a mudanças no relevo. Nas áreas escarpadas predomina a "Floresta com cipó" (Floresta Ombrófila Aberta), que se caracteriza por uma biomassa mediana, com baixa densidade, permitindo forte penetração de luz no seu interior, associada à alta incidência de cipós, formando emaranhados que dificultam o deslocamento no seu interior. Nas bordas dos platôs da Serra do Tarzan a floresta é mais densa (Floresta Ombrófila Densa), dificultando a penetração de luz, e por isso o sub-bosque é bastante limpo. As áreas de mata são interrompidas por clareiras naturais onde há afloramento rochoso de ferro, chamado genericamente de "Canga". Nestas clareiras ocorre um tipo de vegetação com biomassa reduzida e de terminologia não bem definida (controversa), denominada como "Campo rupestre", "Savana metalófila" ou simplesmente "Vegetação de canga" (IBAMA, 2003).



## **4. COMPARTIMENTAÇÃO MORFOPEDOLÓGICA DO PARNA DOS CAMPOS FERRUGINOSOS**

### **4.1. Relações geomorfológicas e pedológicas do Parna**

A geomorfologia é reconhecida como um ramo relevante dentro da ciência geográfica, pois assume papel imprescindível no que diz respeito às discussões sobre meio ambiente e natureza, sendo o ramo do conhecimento científico que procura caracterizar e diagnosticar as formas de relevo (ROSS, 1990). Estas representam as expressões espaciais de uma superfície, compondo diferentes configurações da paisagem morfológica.

Parte se, assim, para uma caracterização da geomorfologia. A área de estudo está inserida em três Unidades Morfoestruturais segundo a classificação taxonômica do relevo de Ross (1992). O último o terceiro táxon de unidades morfológicas proposta por Ross (1992), no qual se apresenta a Serra da Bocaina e Serra do Tarzan dentro do Parque possibilita a análise do relevo através da adoção das variáveis: forma, declividade e hipsometria.

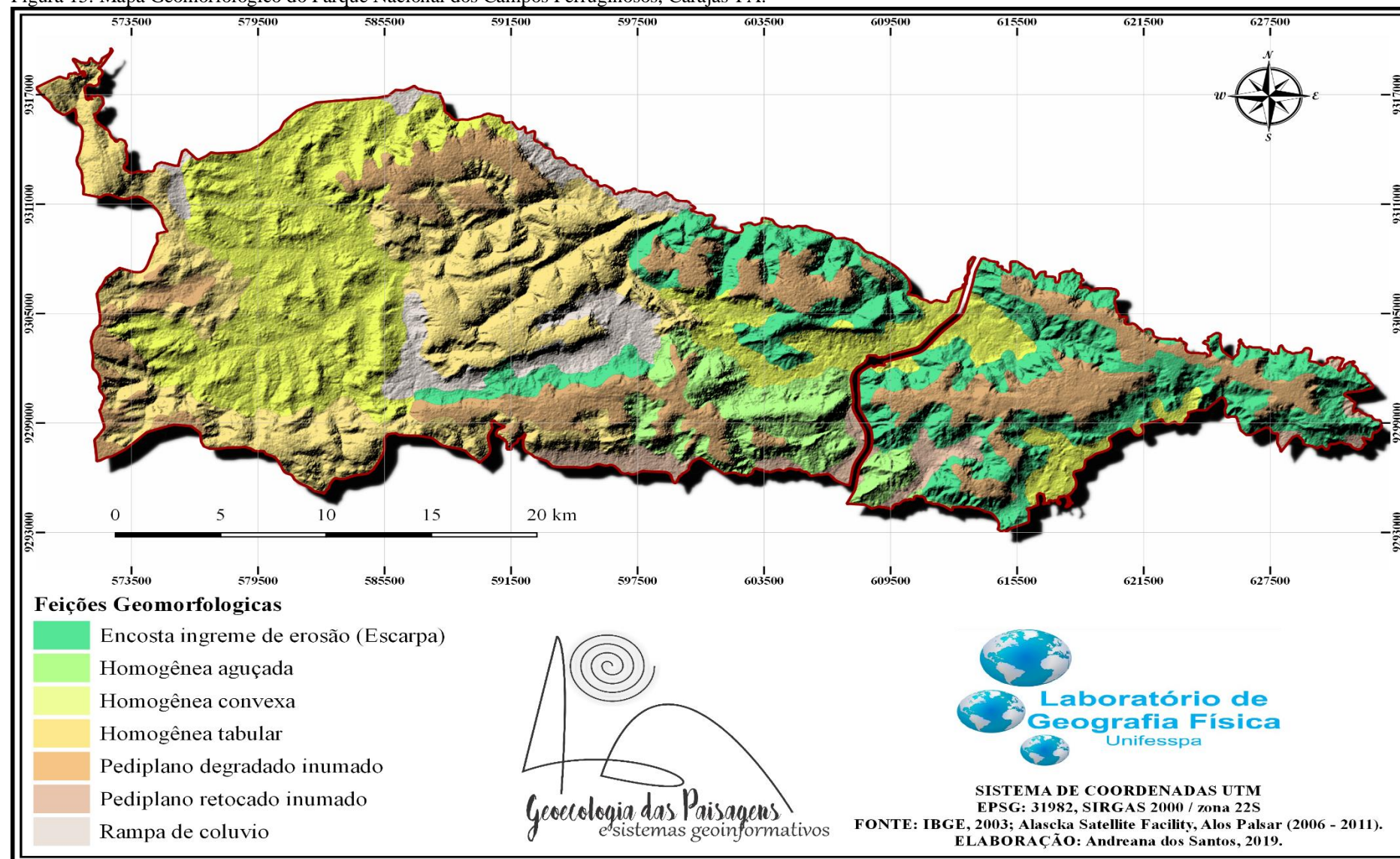
A extensão do Parna consiste em quase sua totalidade na predominância de modelados em formas de dissecação estrutural, definindo-se pela forma dos topos e pelo aprofundamento e densidade da drenagem, marcada por evidente controle estrutural, em rochas muito deformadas, caracterizada por inúmeras cristas, vales e sulcos estruturais, geralmente encontradas em rochas intrusivas e metassedimentar. A intensidade de dissecação do relevo está relacionada à atuação do escoamento hídrico, sendo esse um dos principais agentes intempéricos responsável pelo esculpir do relevo da área.

A Região de Carajás se destaca em meio à vasta paisagem regional, composta por relevos colinosos suaves ondulados e ondulados de baixas altitudes, originalmente recobertos por florestas tropicais densas. No Parna, encontram-se diferentes formas de relevo que vão desde platôs onde afloram o minério de ferro a segmentos aplainados ou relevos dissecados em rochas sedimentares. São comuns feições escarpadas e em cristas, provenientes da exposição dos metarenitos ou em bordas de platôs de variados materiais, especialmente aqueles constituídos por canga laterítica.

Foram delimitadas para o Parque sete feições geomorfológicas (figura 15) sendo elas: Encosta Íngreme de Erosão, Homogênea Aguçada, Homogênea Convexa, Homogênea Tabular, Pediplano Degradado Inumado, Pediplano Retocado Inumado e Rampa de Colúvio.

Determinou-se então, que correspondente as partes mais baixas da área de estudo estão a Rampa de Colúvio o Pediplano Retocado Inumado e a Homogênea Convexa, essas também são áreas de drenagem e depressão passíveis de inundação, essas unidades correspondem as cotas altimétricas que vão de 142 a 457 metros. As outras unidades estão representadas pelas

Figura 15: Mapa Geomorfológico do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

cotas topográficas mais elevadas com médias de 457 a acima de 772 metros, que são as Encostas íngremes de erosão com desníveis abruptos formados por processos erosivos, Homogênea aguçada, Homogênea tabular e o Pediplano degradado inumado que são as áreas de platôs ferruginosos.

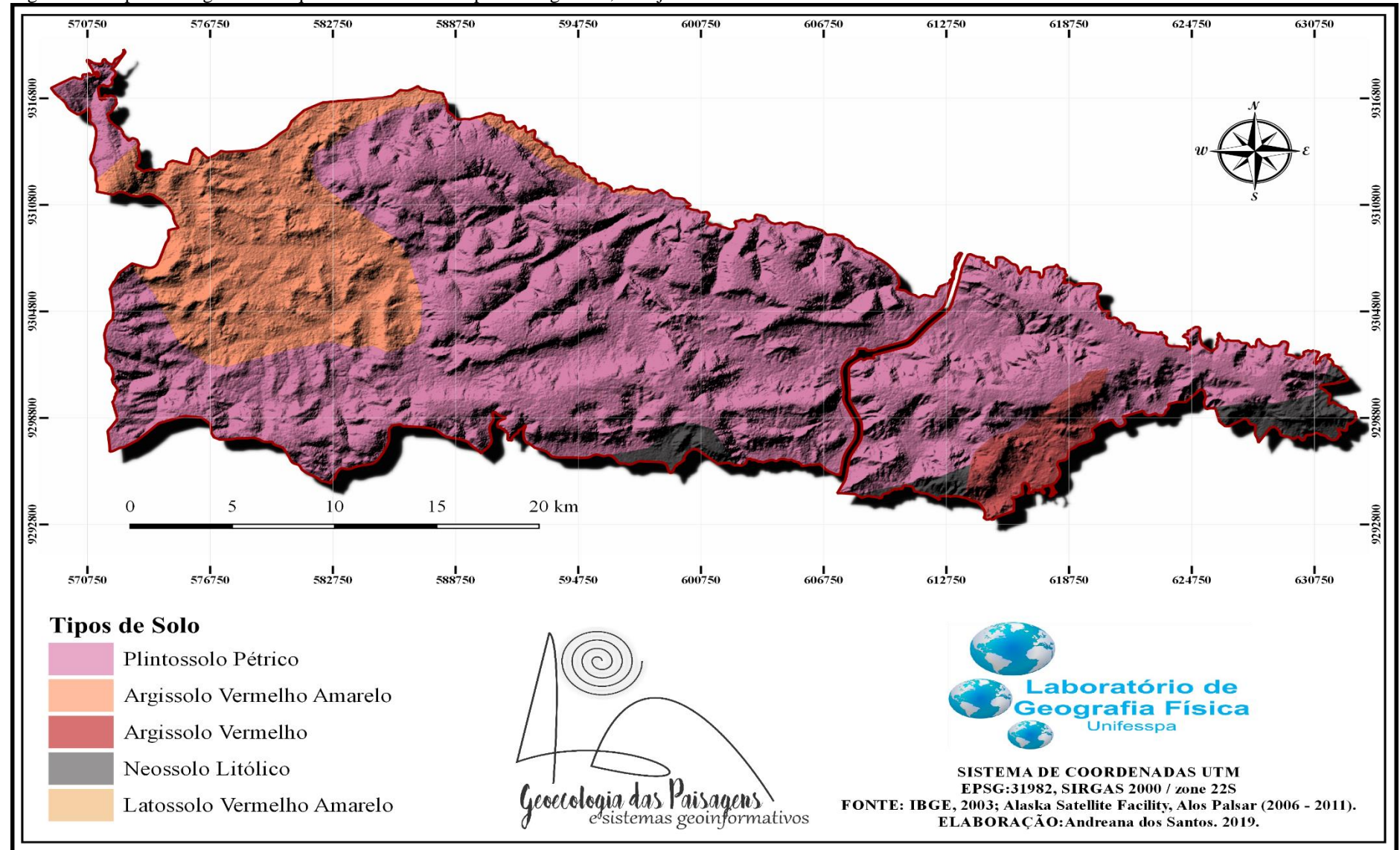
Os solos são de extrema importância para estudos geomorfológicos, posto que, aliado às formas de relevos, os solos são a resposta do balanço morfogênese/pedogênese, ou seja, a distribuição espacial dos solos e a sua dinâmica interna, atual ou passada, são condicionadas pelos processos pedogenéticos, formadores dos solos, ou morfogenéticos, responsáveis pela esculturação do relevo.

A formação dos solos e as diferenciadas geoformas podem ser entendidas desde as atuações pretéritas e também presentes na dinâmica do meio físico, biótico e abiótico e não podemos deixar de fora os agentes endógenos que são um dos grandes responsáveis pelas alterações consideráveis da paisagem. Os estudos das relações entre solos, geologia e superfícies geomorfológicas são importantes para a compreensão da ocorrência dos solos na paisagem, permitindo a predição dessa distribuição (TORRADO; LEPSCH E CASTRO, 2005).

A Serra de Carajás, apresenta uma grande diversidade de paisagens. A Formação Parauapebas é composta por rochas vulcânicas máficas de idade arqueana cuja alteração em superfície possibilitou uma extensa cobertura de solos, geralmente profundos, recobertos por floresta densa. A expressão típica dessa Formação são platôs de topo plano e bordas escarpadas, com baixo grau de entalhe da drenagem no topo.

No tocante aos solos do Parna dos Campos Ferruginos, a sua maior parte é formado por solos concrecionário, ou seja, Plintossolos Pétricos, além de, em menores proporções de outros tipos de solos. De acordo com o mapa pedológico (Figura 16) pode-se identificar na área cinco tipos de solos, estes que foram classificados através da Embrapa (2006), as classes de solos predominantes se expressam pelos Plintossolos Pétricos que compreendem uma área total de 75,62%, seguido do Argissolo Vermelho Amarelo 18,14%, do Argissolo Vermelho 3,23%, Neossolo 2,97%, e Latossolo Vermelho Amarelo 1,09%.

Figura 16: Mapa Pedológico do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).



#### 4.2. Caracterização Pedogeomorfológica do Parna

Como o relevo é ligado ao fator tempo na gênese dos solos, é de se esperar que na paisagem, onde os processos pedogenéticos são ativos, ele tenha um papel crítico como controlador do tempo de exposição aos agentes bioclimáticos (RESENDE et al. 2005).

A interação pedogeomorfológica permite o entendimento da evolução e da conformação da paisagem como um todo. Identificou-se no Parna dos Campos Ferruginos cinco classes de solo, interagindo fortemente com sete feições geomorfológicas que vão desde colinosos suaves onduladas e onduladas de baixas altitudes ao escarpado e em cristas com platôs. A dissecação da paisagem fica evidenciada pela forte presença de solos em áreas íngremes, onde a remoção de material atua intensamente.

As porções do relevo mais velhas, ou seja, expostas ao intemperismo há mais tempo, estão nos platôs, onde ocorrem os solos mais velhos e lixiviados, muitas vezes cobertos por vegetação metalófila, enquanto as partes mais baixas apresentam, quase sempre, vegetação de maior porte.

É importante ressaltar que essa inter-relação entre solo e relevo reflete nas propriedades físicas e químicas do solo, sendo a pedogênese determinada pelo tempo de exposição do solo. Logo quanto maior a erosão, menor o tempo de exposição do material, o que determina uma menor taxa de pedogênese.

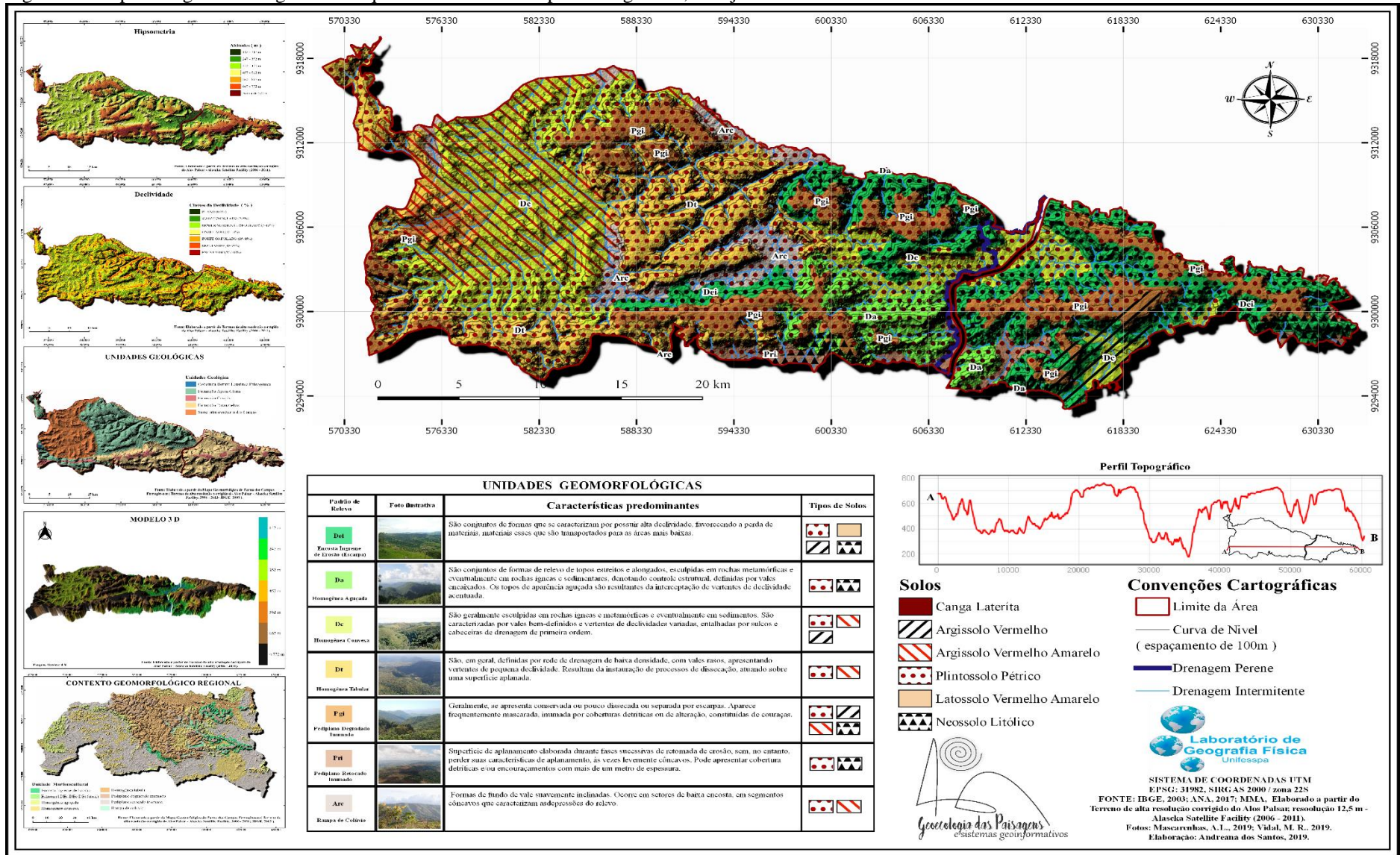
Ao realizar os estudos pedogeomorfológico pode-se compreender quais são as dinâmicas naturais da área do Parna no tocante a relação de deposição e erosão, sua condição ambiental, e desta forma, utilizar estes estudos como suporte para o planejamento da mesma.

Para a compreensão do sistema morfopedológico, realizou-se a sobreposição dos mapas de geomorfologia e de solos, para que fosse possível assim verificar as classes de solos pertencentes a cada feição geomorfológica, permitindo que se fizesse uma análise dos dados da área. Logo o mapa pedogeomorfológico, representa as formas do relevo a fim de compreender os diferentes arranjos espaciais, suas constituições, e as relações entre os diferentes sistemas.

A partir do cruzamento de todos esses dados (da elaboração das feições geomorfológicas e pedológicas), foi possível a produção (elaboração) de um mapa pedogeomorfológico (Figura 17), mapa este que tem como o principal objetivo correlacionar os tipos de solos e as formas do relevo que estão dispostos na paisagem.

Ao realizar o cruzamento dos dados, constata-se que em determinadas áreas do parque se apresenta relevo com modelados de Pediplano Retocado Inumado onde estão dispostos Plintossolos Pétricos e Neossolos Litólicos que se encontram em áreas mais rebaixadas do

Figura 17: Mapa Pedogeomorfológico do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

parque no modelado entre 247 e 352 metros, por esse motivo recebem matérias e sedimentos das áreas mais elevadas.

Nos relevos como modelados de Homogênea Convexa estão dispostos também os Plintossolos Pétricos e ainda Argissolos vermelho amarelo e Argissolos vermelho que se encontram em altitudes medianamente elevadas, entre 352 a 457 metros, sendo estes caracterizados pelo maior teor de argila e matéria orgânica, os mesmos sofrem um grau moderado de sedimentação por também recebem materiais das áreas mais elevadas, fazendo com que o processo de erosão se acentue.

Nos relevos com altimetria entre 562m e acima de 772m, por estarem nas partes mais altas do relevo, ou seja, no modelado do Pediplano retocado inumado, sofreram um maior grau de intemperismo, o que os caracteriza por solos concrecionário pelo alto teor de ferro, com material de origem mais velho, eles ainda sustentam os grandes platôs do parque.

As relações pedogeomorfológica da área podem, também, serem expressadas por meio da distribuição de classes hipsométricas associadas ou não às classes de declividade podendo assim definir a distribuição das superfícies geomorfológicas que se relacionam com a distribuição dos solos na paisagem. Deve-se ressaltar, que as relações pedogeomorfológica permitem a elaboração de modelos preditivos de distribuição na paisagem com grandes grupos de solos.

A disposição dos mapas sobre as diversas classes, geologia, geomorfologia, solo, declividade e hipsometria aponta a estreita relação e inter-relação entres os componentes do solo e formas do relevo existentes no Parna, confirmando as várias formas pelas quais se manifesta a junção entre a geomorfologia e a pedologia.

A importância da análise integrada dos solos e do relevo (Quadro 01) consiste no fato de que o relevo e o conjunto de condições climáticas e geológicas da região deram condições para a existência de paisagens diferenciadas.

Quadro 1: Correlação das unidades geomorfológicas e pedológica do Parna dos Campos Ferruginos, Carajás-PA.

<b>Unidades Geomorfológicas</b>	<b>Tipos de Solos</b>	<b>Pedoambientes</b>	<b>ha</b>	<b>Altimetria (m)</b>
<b>Encosta íngreme de erosão (Escarpa)</b>	Plintossolo Pétrico; Argissolo vermelho; Latosolo vermelho amarelo; Neossolo Litólico.	Solos rasos, mal drenados, e com alto teor de ferro; Solos mais profundos, com alto teor de argila; Solos muito intemperizados e profundos; Solos pouco evoluídos e sem a presença de horizonte diagnóstico, e rasos.	14.914	352 – 667
<b>Homogênea aguçada</b>	Plintossolo Pétrico; Neossolo Litólico.	Solos rasos, mal drenados, e com alto teor de ferro; Solos pouco evoluídos e sem a presença de horizonte diagnóstico, e rasos.	5.231	242 – 667
<b>Homogênea convexa</b>	Plintossolo Pétrico; Argissolo vermelho amarelo; Argissolo vermelho.	Solos rasos, mal drenados, e com alto teor de ferro; Solos mais profundos, com alto teor de argila; Solos mais profundos, com alto teor de argila.	21.269	142 – 562
<b>Homogênea tabular</b>	Plintossolo Pétrico; Argissolo vermelho amarelo.	Solos rasos, mal drenados, e com alto teor de ferro; Solos mais profundos, com alto teor de argila.	18.733	352 - >700
<b>Pediaplano degradado inumado</b>	Plintossolo Pétrico; Argissolo vermelho amarelo; Argissolo vermelho; Neossolo Litólico.	Solos rasos, mal drenados, e com alto teor de ferro; Solos mais profundos, com alto teor de argila; Solos mais profundos, com alto teor de argila; Solos pouco evoluídos e sem a presença de horizonte diagnóstico, e rasos.	13.789	562 - >700
<b>Pediaplano retocado inumado</b>	Plintossolo Pétrico; Neossolo Litólico.	Solos rasos, mal drenados, e com alto teor de ferro; Solos pouco evoluídos e sem a presença de horizonte diagnóstico, e rasos.	2.109	142 – 457
<b>Rampa de colúvio</b>	Plintossolo Pétrico; Argissolo vermelho amarelo.	Solos rasos, mal drenados, e com alto teor de ferro; Solos mais profundos, com alto teor de argila.	4.108	247 – 457

Fonte: Elaborado pela autora (2019).



De acordo com Santana, et al (2010, p.09) “Os pedoambientes constituem unidades importantes de avaliação de uma região, visto que eles se formam a partir de um somatório de elementos naturais”. Contudo, o estudo dos pedoambientes permite uma visão conjunta e integrada do comportamento das condições naturais e das atividades humanas neles desenvolvidas, uma vez que mudanças significativas ocorrem no meio ambiente.

Correlacionando as ocorrências das feições geomorfológica com as diferentes classes de solos, nota-se que para cada tipo de relevo ocorre a formação de solos próprio da região. Na Encosta Íngreme de Erosão, um conjunto de formas que se caracterizam por possuir alta declividade, favorecendo a perda de materiais, materiais esses que são transportados para as áreas mais baixas. A deficiência hídrica do solo parece representar um fator muito importante nessa formação, teremos áreas onde possui solos rasos, mal drenados, e com alto teor de ferro.

Na Homogênea Aguçada, um conjunto de formas de relevo de topos estreitos e alongados, esculpidas em rochas metamórficas e eventualmente em rochas ígneas e sedimentares, denotando controle estrutural, definidas por vales encaixados. Os topos de aparência aguçada são resultantes da interceptação de vertentes de declividade acentuada, teremos áreas com solos rasos, mal drenados, e com alto teor de ferro, solos pouco evoluídos e sem a presença de horizonte diagnóstico.

Já a Homogênea convexa são áreas geralmente esculpidas em rochas ígneas e metamórficas e eventualmente em sedimentos. São caracterizadas por vales bem-definidos e vertentes de declividades variadas, entalhadas por sulcos e cabeceiras de drenagem de primeira ordem, onde os solos são rasos, mal drenados, e com alto teor de ferro, solos mais profundos, com alto teor de argila.

A Homogênea tabular é em geral, definidas por rede de drenagem de baixa densidade, com vales rasos, apresentando vertentes de pequena declividade. Resultam da instauração de processos de dissecação, atuando sobre uma superfície aplanada com solos rasos, mal drenados, e com alto teor de ferro, solos mais profundos, com alto teor de argila.

O Pediplano degradado inumado geralmente, se apresenta conservado ou pouco dissecado ou separado por escarpas. Aparece frequentemente mascarado, inumado por coberturas detríticas ou de alteração, constituídas de couraças e seus solos são rasos, mal drenados, e com alto teor de ferro, solos mais profundos, com alto teor de argila, solos pouco evoluídos e sem a presença de horizonte diagnóstico, e rasos.

Já o retocado inumado é constituído por superfície de aplanamento elaborada durante fases sucessivas de retomada de erosão, sem, no entanto, perder suas características de aplanamento, às vezes levemente côncavos. Pode apresentar cobertura detríticas e/ou

encouraçamentos com mais de um metro de espessura com solos rasos, mal drenados, e com alto teor de ferro, solos pouco evoluídos e sem a presença de horizonte diagnóstico, e rasos.

E a Rampa de colúvio com Formas de fundo de vale suavemente inclinadas. Ocorre em setores de baixa encosta, em segmentos côncavos que caracterizam as depressões do relevo, seus solos são rasos, mal drenados, e com alto teor de ferro, solos mais profundos, com alto teor de argila.

#### **4.3. Cenários morfopedológicos e o planejamento ambiental**

O Parna dos Campos Ferruginosos representa uma paisagem que abriga diversos ecossistemas, desenvolvidos sobre formações ferríferas com alto grau de conservação. Por outro lado, a exploração mineral impõe o desafio de se compatibilizar o desenvolvimento econômico com a preservação destes ecossistemas singulares. Em função disto, torna-se prioritária a geração de bases de dados sobre estes ambientes, de forma a subsidiar as avaliações de impactos ambientais, nortear estratégias de conservação e propor medidas de mitigação dos impactos causados pela mineração na região de Carajás.

O geoprocessamento apresenta-se como uma ferramenta incontestavelmente poderosa nas questões que lidam com dados espaciais. Diante do exposto, é possível verificar que inúmeras são as vantagens que este recurso pode proporcionar para a gestão pública.

A riqueza e singularidade da flora da região, que inclui diversas espécies endêmicas, enquadram a região de Carajás como uma área importante para conservação da flora Amazônica. Isto, associado à ameaça a que estão submetidos estes ambientes por atividades de mineração, bem como a ação do fogo antrópico e a competição com espécies exóticas, apontam para a necessidade de um planejamento rigoroso para a conservação das espécies da flora e da fauna das cangas de Carajás. Espera-se que o conhecimento detalhado sobre a geomorfologia e distribuição dos solos nas áreas de cangas seja útil para este fim, estreitando a comunicação entre o setor produtivo e órgãos de licenciamento ambiental.

O relevo, sendo um componente da natureza, que se apresenta de modo concreto, através da geometria das formas de diferentes tamanhos e gêneses, desempenha significativo papel na identificação e no entendimento da funcionalidade dos ambientes naturais. Por esta razão, todos os estudos ou diagnósticos que sejam desenvolvidos com vistas ao planejamento ambiental quer seja regional, municipal ou urbano prescindem da contribuição dos estudos geomorfológicos (ROSS, 1992).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As relações morfopedológicas do Parna dos campos ferruginosos é de suma importância para a compreensão da dinâmica da paisagem, possibilitando assim o entendimento da correlação entre a distribuição das principais manchas de solo sobre a geomorfologia existente na área.

Um complexo conjunto de informações referentes as principais características do meio físico e da distribuição da paisagem na área de estudo tornou-se a base para a compreensão dos processos de formação dos sete pedoambientes que compõem o Parna.

O relevo do Parna no geral é altamente dissecado, com altas declividades, em diferentes patamares altimétricos. Destacam-se nesta área os platôs, com altimetria alcançando e ultrapassando os 700 metros de altitude, a superfície fortemente dissecada e relevo colinosos com pouquíssima superfície plana.

O reconhecimento dessas áreas e a sua posição em relação aos compartimentos geomorfológicos, amparados pelos documentos cartográficos e pelas análises de campo e laboratório, permitiram a compreensão das formas de vertentes e suas respectivas coberturas pedológicas. Como reflexo dessa organização, o relevo é em sua maior extensão formado por escarpas nas encostas mais elevadas. As formas de relevo, denominadas planas e suave onduladas, são menos representativas na área.

A abordagem adotada permitiu que o trabalho inicialmente fosse realizado com cartas temáticas do meio físico, aliado com análises de imagens de satélite e levantamentos em campo, chegando assim ao mapa morfopedológico. Os compartimentos morfopedológicos definidos com base na interrelação dos componentes do meio físico resultou na identificação de compartimentos diversificados, evidenciando o predomínio de relevos com elevação acima de 300m relativamente ondulados e de platôs a cima de 700m. Essa complexidade resulta em solos essencialmente com grande concentração de ferro.

A partir dos dados advindos do mapeamento geoambiental também foi possível identificar que o intemperismo é um fator essencial na formação da paisagem na área. A dissecação do relevo e seu rebaixamento atual, juntamente com os agentes intempéricos, conferiu algumas particularidades na relação Morfopedológica do Parna, a sua maior parte é formado por solos concrecionários, ou seja, Plintossolos Pétricos que se localizam nas áreas mais elevadas do Parna.

Os resultados advindos da relação morfopedológica ajudou a entender a dinâmica da paisagem, ou seja, a relação solo e relevo permite a existência de pedoambientes importantes

para a dinâmica da paisagem na área em questão. A pesquisa identificou sete pedoambientes com características próprias requerendo, portanto, que haja o estudo aprofundado da área, haja vista que existe poucos estudos dos mesmos.

Por fim, os resultados gerados a partir do presente trabalho poderão servir como instrumento para o planejamento e gestão ambiental do Parque, bem como fornecer subsídios a estudos futuros do plano de manejo e gestão da área.

## 6. REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário.** Geomorfologia. São Paulo: IGEOG-USP. n. 18, p. 1-23, 1969.
- AB'SABER, A. **Geomorfologia da região.** In: Carajás: desafio político, ecologia e desenvolvimento. São Paulo: Brasiliense / Brasília: CNPq, 1986, p. 88-124.
- 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.
- BARBALHO, M. G. da S. **Morfopedologia, Aplicada ao Diagnóstico e Diretrizes para o Controle dos Processos Erosivos Lineares na Alta Bacia do Rio Araguaia (GO/MT).** Goiânia, 2002. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Goiás.
- BEISIEGEL V.R., Bernardelli A.L., Drummond N.F., Ruff A.W., Tremaine J.W. **Geologia e recursos minerais da Serra dos Carajás.** Revista Brasileira de Geociências, Vol.3, p.215-242, 1973.
- BERTALANFFY, L. v. **Teoria Geral dos Sistemas.** Petrópolis: Vozes, 1973.
- BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global.** Esboço Metodológico. Caderno de Ciências da Terra, Instituto de Geografia, USP, São Paulo: 1972.
- 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.
- CASTRO, P. T. A. 2008. **Cangas: a influência da geodiversidade na biodiversidade.** In: Simpósio Afloramentos Ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero: Biodiversidade, Conservação e Perspectivas de Sustentabilidade. Belo Horizonte, 30-51 p. CD.
- CASTRO, S. S. de; SALOMÃO, F. X. de T. **Compartimentação morfopedológica e sua aplicação: considerações metodológicas.** Revista GEOUSP, n. 7, p. 27-37, 2000.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.
- CORRÊA, G. R. **Pedogênese em platôs de canga ferrífera e basaltos na Serra dos Carajás - PA.** Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.
- COSTA M.L. da. **Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia.** In: Revista Brasileira de Geociências, 1991 146-160.
- CPRM. **Serra dos Carajás.** Folha SB.22-Z-A Estado do Pará. Brasília DNPM/CPRM. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil). 1991. 136 p.

DECRETO s/n, de 05 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.**

Dias, J. e Santos, L. **A paisagem e o geossistema como possibilidade de leitura da expressão do espaço socioambiental rural.** Confins, 2007 n. 1.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2.ed. Rio de Janeiro, 2006.

ESPÍNDOLA, C. R.; DANIEL, L, A. **Laterita e solos lateríticos no Brasil.** Boletim Técnico da FATECSP BT/ 24 – pág.21 a 24 – Maio / 2008.

FALESI, I, C. **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.

FOLHA DO BICO. Disponível em: <<http://www.folhadobico.com.br>> Pará. Acesso em março de 2018.

FOLHA DO BICO. Disponível em: <<https://portalcanaa.com.br>. Acesso em março de 2018.

FOLHA DO BICO. Disponível em: <<http://www.folhadobico.com.br>> Pará. Acesso em dezembro de 2018.

FOLHA DO BICO. Disponível em:< <https://www.infoescola.com/geografia/serra-dos-carajas/>. Acesso em março de 2018.

FOLHA DO BICO. Disponível em: <<https://portalcanaa.com.br>. Acesso em março de 2018.

FOLHA DO BICO. Disponível em: <[www.icmbio.gov.br](http://www.icmbio.gov.br). Acesso em março de 2018.

FOLHA DO BICO. Disponível em: <<https://uc.socioambiental.org/uc/608311>. Acesso em dezembro de 2018.

FOLHA DO BICO. Disponível em: <<https://uc.socioambiental.org/uc/608311>. Acesso em dezembro de 2018.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

GUSMÃO, L. H. A. **Mineração na Serra dos Carajás/PA usando Geotecnologias,** 2015.

IBAMA- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. **Plano de Manejo para uso múltiplos da Floresta Nacional De Carajás.** Brasília, 2003.

IBGE. **Manual Técnico de Vegetação.** 2ª ed. Rio de Janeiro, 1992.

LEITE, D.V.B, Moura, A.C.M. **Cartografia digital frente ao novo olhar da paisagem.** In: II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da GeoInformação (SIMGEO).

2008, Recife Anais...CD-ROM.

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

MARQUES, J. S. **Ciência Geomorfológica**. In: GUERRA, A. J. T.; GUERRA, S. B. da. Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 11ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

MARTINS, F.D. et al. **Ações para conservação**. In: MARTINS, F.D. et al. (Eds.). Fauna da Floresta Nacional de Carajás: estudos sobre vertebrados terrestres. São Paulo: Nitro Imagens, 2012. p. 196-229.

MAURITY, C.W. 1995. **Evolução recente da cobertura de alteração no Platô N1, Serra dos Carajás-PA**. (Mestrado em Geologia) Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Universidade Federal do Pará, Belém, PA. 1995, 93p.

MONTEIRO C. A., *Geossistema: a história de uma procura, São Paulo*. Contexto, 2001.

MOTA NFO, Silva LVC, Martins FD e Viana PL **Vegetação sobre Sistemas Ferruginosos da Serra dos Carajás**. In: Carmo FF e Kamino LHY (orgs.) Geossistemas Ferruginosos no Brasil. Instituto Prístino, Belo Horizonte, 2015. Pp. 289-315.

NUNES, J.A. et al. **Soil-vegetation relationships on a banded ironstone ‘island’, Carajás Plateau, Brazilian Eastern Amazonia**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, n. 87, v. 4, p. 2097-2110, 2015.

PEREIRA, M. M. **Caracterização do clima da microrregião de Marabá e identificação das áreas adaptadas ao cultivo de feijão caupi e castanha sobre o ponto de vista climatológico**: 1-30. UFP, Porto 1991.

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.

RESENDE, N. P. e A. L. M. BARBOSA, **Relatório de pesquisa de minério de ferro: distrito ferrífero da Serra dos Carajás, Estado do Pará**: 1: 1-248. AMZA, Belém 1972.

RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J. C.; REZENDE, S. B. **Mineralogia de solos brasileiros**: Interpretação e aplicações. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2005.192p.

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

- ROSS, J. L. S. **Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo.** Revista Geografia. São Paulo, IG-USP, 1992.
- RODRIGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V. da; CAVALCANTI, A. P.B. **Geocologia das paisagens: Uma visão geossistêmica da análise ambiental.** 3. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2010.
- SANTANA. H.M. P., et al. **Unidades Pedoambientais da Região de Santa Tereza, Estado do Tocantins.** Pesq. Agropec. Trop., Goiânia, v. 40, n. 1, p. 8-19, jan. / mar. 2010.
- SECCO, R.S. e MESQUITA, A.L. **Notas sobre a vegetação de Canga da Serra Norte - I.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi (Botânica), 1983. 59: 1-13.
- SILVA, M. F. F. & N. A. ROSA, 1989. **Análise do estrato arbóreo da vegetação sobre jazida de cobre na Serra dos Carajás-PA.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica 5(2): 175-206.
- SOUZA, F.C.R.; CARMO, F.F. **Geossistemas Ferruginosos no Brasil.** 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: 3i Editora, 2015.
- SCHAEFER, C. E. **Estudos de “similaridade” das paisagens de Campos Rupestres sobre Canga (“Savana Metalófila”) da região de Carajás – PA.** Parte 1. Solos, geomorfologia e geoambientes da Serra Sul: a similaridade geoambiental entre os blocos. [s.l.:s.n.]. 2007.
- SCHAEFER, C.E.G.R; Simas, F.N.B.; Mendonça, B.A.F.; Saboya, A.S.; Ferreira Júnior, W.G.; Nunes, J.A. e Correa, G.R. **Geodiversidade dos Ambientes de Canga na Região de Carajás – Pará.** Relatório técnico Vale do Rio Doce 2008. 75 p.
- SCHAEFER. C. E G. R., et al. **Geoambientes, solos e estoque de carbono na Serra Sul de Carajás, Pará, Brasil.** Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat., Belém, v. 11, n. 1, p. 85-101, jan. - abr. 2016.
- SCHETTINI A.T., Leite M.G.P., Messias M.C.T.B., Gauthier A., Li H. e Kozovits A.R. **Exploring Al, Mn and Fe phytoextraction in 27 ferruginous rocky outcrops plant species.** Flora (2018) 238: 175-182.
- SMITH, J.M.B. e CLEEF, A.M. **Composition and origins of the world’s tropical alpine floras.** J. Biogeography. 15: 1988, 631-645.
- SOTCHAVA V. B., **O estudo de geossistemas.** Instituto de Geografia. Universidade de São Paulo. São Paulo: Ed. Lunar, 1977.



- VIDAL TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S. de. **Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas**. In: *Tópicos em Ciência do Solo*[S.l: s.n.], v. 4. p. 145-192, 2005.
- TRICAT, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE-SUPREM, 1977.
- 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.
- VANZOLINI, P. e BRANDÃO, C.R.F. **Diretrizes gerais para um levantamento faunístico**. In: **Carajás - Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento**. CNPq, Ed. Brasiliense. Brasília 1986.
- VIANA PL e Mota NFO **Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Styracaceae**. Rodriguésia 2016. 67: 1477-1480.
- 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.
- VIDAL, Maria Rita. **Geoecologia das Paisagens: fundamentos e aplicabilidades para o planejamento ambiental no baixo curso do rio Curu-Ceará-Brasil**. 2014. 190f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2014.
- ZAPPI DC, Miguel LM, Sobrado S. V. e Salas R.M. **Flora das cangas da Serra dos Carajás, Pará, Brasil: Rubiaceae**. Rodriguésia 68: 1091, 2017.
- ZUCCHETTI, M. **Rochas máficas do Supergrupo Grão Pará e sua relação com a mineralização de ferro dos depósitos N4 e N5, Carajás, PA**. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências - Universidade Federal de Minas Gerais 2007.