



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

**JOSÉ OSMAR SILVA NETO**

**A ESTRUTURA SUPERFICIAL DA PAISAGEM DAS SUB-BACIAS DOS  
RIACHOS CARRAPATEIRAS E CIPÓ - BACIA DO JAGUARIBE - TAUÁ - CE**

**FORTALEZA**

**2024**

JOSÉ OSMAR SILVA NETO

A ESTRUTURA SUPERFICIAL DA PAISAGEM DAS SUB-BACIAS DOS RIACHOS  
CARRAPATEIRAS E CIPÓ - BACIA DO JAGUARIBE - TAUÁ - CE

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

Orientador: Prof. Dr. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira.

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S58e

Silva Neto, José Osmar.

A estrutura superficial da paisagem das sub-bacias dos riachos Carrapateiras e Cipó - Bacia do Jaguaribe - Tauá - CE / José Osmar Silva Neto. – 2024.  
94 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2024.

Orientação: Profa. Dra. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira.

1. estrutura superficial. 2. topossequência. 3. sistemas ambientais. 4. morfopedologia. 5. semiárido. I.  
Título.

CDD 910

---

JOSE OSMAR SILVA NETO

A ESTRUTURA SUPERFICIAL DA PAISAGEM DAS SUB-BACIAS DOS RIACHOS  
CARRAPATEIRAS E CIPÓ - BACIA DO JAGUARIBE - TAUÁ - CE

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

Aprovada em: 30/07/2024.

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Vladia Pinto Vidal de Oliveira (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

---

Prof. Dr. Diego Teixeira Araujo  
Instituto Federal do Ceará (IFCE)

A minha família.

Àqueles que apesar de tudo acreditaram em mim.

## AGRADECIMENTOS

À Instituição Funcap, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio tornando possível a realização dessa pesquisa.

À Profa. Dra. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira, pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Diego Teixeira Araujo e Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Aos moradores da comunidade de cachoeirinha, em especial ao Seu João e Dona Zélia, pelo tempo concedido durante as conversas e sem seus conhecimentos íntimos a respeito da natureza da área estudo .

À minha família, meus pais Wélia e Bilu e meu irmão Fernando, que sem a ajuda e o apoio não teria sido possível eu chegar logo o bastante a ponto de escrever uma dissertação de mestrado.

Aos colegas do Laboratório de Pedologia, Análise Ambiental e Desertificação (LAPED), Larisse, Rômulo, Sol, Auri, Eduardo, pelo apoio durante os arduos trabalhos de campo e durante os momentos de reflexão e bebedeira que foram imprescindíveis para a realização da pesquisa.

À todos aqueles que apoiaram de forma direta ou indireta o processo de desenvolvimento desta pesquisa.

“A luta contra a desertificação é uma luta  
contra o imperialismo. O imperialismo é o  
incendiário de nossas florestas e savanas. —”

— Thomas Sankara

## RESUMO

O estudo das estruturas superficiais da paisagem é uma importante ferramenta metodológica para as primeiras proposições interpretativas a respeito dos processos pleico-climáticos e morfoclimáticos no quaternário. O principal objetivo desta pesquisa é analisar a estrutura superficial da paisagem das sub-bacias hidrográficas dos riachos Carrapateiras e Cipó no município de Tauá – Ceará. Já os objetivos específicos são: classificar os tipos de solos nas sub-bacias dos Riachos Carrapateiras e Cipó a partir do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos; caracterizar a morfopedologia das sub-bacias a partir de uma topossequência; analisar a ecodinâmica da paisagem, através do balanço morfogênese e pedogênese; identificar os sistemas ambientais, seu estado de conservação e o uso e ocupação da terra. Ao que condiz aos aspectos teóricos metodológicos, este estudo foi desenvolvido com base no modelo de Geomorfologia tripartite, alencado na análise sistêmica e estudos integrados da paisagem. Os procedimentos metodológicos estão estruturados em três etapas: A etapa de Escritório, onde foi realizado o levantamentos bibliográficos, cartográficos, pesquisas documentais e plataformas de compilação de dados disponibilizados pelo IBGE; a etapa de campo, que consistiu na seleção dos pontos de coleta numa topossequência ao longo de um transecto na direção NE-SO; e etapa de Laboratório onde foi realizada a análises, físicas, química e morfológicas a partir dos padrões do SiBCS. Foram obtidos os seguintes resultados: caracterização geoambiental e delimitação dos sistemas ambientais, compartimentação morfopelógica das sub-bacias em compartimento dissecado, compartimento aplainado e compartimento da planície fluvial. Verificou-se as principais dinâmicas do processo de gênese, evolução e distribuição dos solos, bem como o uso e ocupação da terra desenvolvido pelas comunidades locais. Observou-se o alto grau de degradação principalmente nas áreas do compartimento aplainado, estando associado ao uso e o emprego de práticas agropecuárias e de extrativismo vegetal pela população. Por fim, concluiu-se que se fazem necessárias políticas públicas para o uso sustentável dos recursos naturais no semiárido, bem como a distribuição dessas terras, com a finalidade de mitigar os efeitos negativos da degradação dos solos.

**Palavras-chave:** estrutura superficial; topossequência; sistemas ambientais; morfopedologia; semiárido.



## ABSTRACT

The study of the surface structures of the landscape is an important methodological tool for initial interpretive propositions regarding paleo-climatic and morphoclimatic processes in the Quaternary. The main objective of this research is to analyze the surface structure of the landscape in the sub-watersheds of the Carrapateiras and Cipó streams in the municipality of Tauá – Ceará. The specific objectives are: to classify the soil types in the sub-watersheds of the Carrapateiras and Cipó streams based on the Brazilian Soil Classification System; to characterize the morphopedology of the sub-watersheds using a toposequence; to analyze the landscape ecodynamics through the balance between morphogenesis and pedogenesis; to identify environmental systems, their state of conservation, and the use and occupation of the land. Regarding theoretical and methodological aspects, this study was developed based on the tripartite Geomorphology model, grounded in systemic analysis and integrated landscape studies. The methodological procedures are structured in three stages: the Office stage, where bibliographic, cartographic surveys, documentary research, and data compilation platforms made available by IBGE were conducted; the Field stage, which consisted of selecting collection points along a toposequence along a NE-SW transect; and the Laboratory stage, where physical, chemical, and morphological analyses were carried out according to SiBCS standards. The following results were obtained: geo-environmental characterization and delimitation of environmental systems, morphopedological compartmentalization of the sub-watersheds into dissected compartment, flattened compartment, and fluvial plain compartment. The main dynamics of soil genesis, evolution, and distribution processes were observed, as well as the land use and occupation developed by local communities. A high degree of degradation was observed, especially in the flattened compartment areas, associated with the use of agricultural and extractive practices by the population. Finally, it was concluded that public policies are necessary for the sustainable use of natural resources in the semi-arid region, as well as the distribution of these lands to mitigate the negative effects of soil degradation.

**Keywords:** superficial structure; toposequence; ambiental systems; morphopedology; semiarid.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Mapa de localização das sub-bacias dos riachos Carrapateiras e Cipó.....	32
Figura 2	- Fluxograma metodológico.....	34
Figura 3	- Mapa geológico das sub-bacias dos riachos Carrapateiras e Cipó.....	38
Figura 4	- Mapa geomorfológico das sub-bacias dos riachos Carrapeteiras e Cipó...	41
Figura 5	- Vista panorâmica da depressão sertaneja dos riachos Cipó e Carrapateiras com cristas residuais da Serra das Pipocas ao fundo. (11/05/2023).....	41
Figura 6	- Caatinga arbórea-arbustiva aberta degradada em estágio de regeneração com presença de Faveleiras ( <i>Cnidoscolus quercifolius</i> ) e grande diversidade de cactáceas, como Xique-xique( <i>Pilocereus gounellei</i> ) e Facheiro ( <i>Pilosocereus pachycladus</i> ). (12/05/2023).....	43
Figura 7	- Vista panorâmica das sub-bacias dos riachos carrapateira e cipó, demonstrando a mudança da vegetação de caatinga arbustiva em primeiro plano, para vegetação de caatinga arbórea associada a mata ciliar dos riachos em segundo plano e, ao fundo, a vertente ocidental da Serra da Pedra Branca.(12/05/2023).....	44
Figura 8	- Excedentes e Déficit hídricos do balanço hídrico climatológico.....	49
Figura 9	- Mapa das associações de solo das sub -bacias dos riachos Carrapateiras e Cipó.....	53
Figura 10	- Modelo digital de elevação das sub-bacias dos riachos Carrapateiras e Cipó.....	53
Figura 11	- Vista panorâmica da Vertente Ocidental da Serra da Pedra Branca.....	54
Figura 12	- Perfil 3 - CHERNOSSOLOS RÊNDZICOS Líticos fragmentários.....	55
Figura 13	- Perfil 2 - LUVISSOLOS CRÔMICOS ÓTICOS típicos.....	57
Figura 14	- Sertões Aplainados dos Inhamuns.....	58
Figura 15	- Sertões Dissecados dos Inhamuns.....	59

Figura 16	– Planície Fluvial do Riacho Carrapateiras (15/04/2024).....	60
Figura 17	– Perfil 1 – CAMBISSOLO FLÚVICO carbonático típico.....	62
Figura 18	– Topossequência das sub-bacias dos riachos Carrapateiras e Ciopó, direção NE – SO.....	63
Figura 19	– Superfície de solos pedregosos com sucros de erosão na encosta oriental do Serrote do Marreco (15/05/2023).....	64
Figura 20	– Vista da vegetação degradada com sucros de erosão na encosta oriental do Serrote do Marreco (15/05/2023).....	
Figura 21	– Vista da vegetação degradada na superfície pediplanada dos Sertões aplainados da Barra Nova (15/05/2024).....	65
Figura 22	– Vista da vegetação em regeneração na superfície pediplanada dos Sertões aplainados da Barra Nova (16/03/2023).....	68
Figura 23	– Vista da vegetação da planície fluvial do riacho Carrapateiras com destaque ao Pereiro ( <i>Aspidosperma pirifolium</i> ) (17/04/2023).....	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Normal Climatológica do município de Tauá (1991 – 2020) Temperatura média mensal – T (°C) e Precipitação média mensal – P (mm). .....	48
Tabela 2 – Sistemas Ambientais das sub-bacias dos riachos Carrapateiras e Cipó .....	62

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Bacia Hidrográfica como recorte para estudos integrados.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2</b>	<b>Relação solo-relevo a relação pedologia e geomorfologia.....</b>	<b>23</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>32</b>
<b>3.1</b>	<b>Etapa de Escritório.....</b>	<b>33</b>
<b>3.2</b>	<b>Etapa de Campo.....</b>	<b>34</b>
<b>3.3</b>	<b>Etapa Laboratorial.....</b>	<b>35</b>
<i>3.3.1</i>	<i>Análise Física.....</i>	<i>35</i>
<i>3.3.2</i>	<i>Análise Química.....</i>	<i>36</i>
<b>4</b>	<b>ASPECTOS GEOAMBIENTAIS DA PAISAGEM.....</b>	<b>38</b>
<b>4.1</b>	<b>Aspectos Geológicos.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2</b>	<b>Aspectos Geomorfológicos.....</b>	<b>40</b>
<b>4.3</b>	<b>Aspectos Hidroclimáticos.....</b>	<b>46</b>
<b>4.4</b>	<b>Aspectos Pedológicos.....</b>	<b>50</b>
<b>5</b>	<b>SISTEMAS AMBIENTAIS DAS SUB-BACIAS DOS RIACHOS CARRAPATEIRAS E CIPÓ.....</b>	<b>53</b>
<b>5.1</b>	<b>Vertente Ocidental da Serra da Pedra Branca.....</b>	<b>53</b>
<b>5.2</b>	<b>Sertões Aplainados da Barra Nova.....</b>	<b>56</b>
<b>5.3</b>	<b>Sertões Dissecados da Barra Nova.....</b>	<b>58</b>
<b>5.4</b>	<b>Planícies Fluviais dos riachos Carrapateiras e Cipó.....</b>	<b>60</b>
<b>6</b>	<b>RELAÇÕES MORFOPEDOLÓGICAS DAS ESTRUTURAS SUPERFICIAIS DA PAISAGEM NAS SUB-BACIAS DOS RIACHOS CARRAPATEIRAS E CIPÓ.....</b>	<b>62</b>
<b>6.1</b>	<b>Compartimento 1 – Dissecado.....</b>	<b>64</b>
<b>6.2</b>	<b>Compartimento 2 – Aplainado.....</b>	<b>67</b>
<b>6.3</b>	<b>Compartimento 3 – Planície Fluvial.....</b>	<b>70</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>74</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>76</b>
	<b>APÊNDICE A - TABELA COM DADOS MORFOLOGICOS DOS PERFIS DE SOLO DAS SUB-BACIAS DOS RIACHOS</b>	<b>84</b>

**CARRAPATEIRAS E**

**CIPÓ.....**

## 1 INTRODUÇÃO

O estudo das estruturas superficiais da paisagem, se constitui em obter informações sistemáticas referente a todos os compartimentos e formas de relevo observadas. A partir da interpretação destes estudos auferir as primeiras proposições a respeito da evolução paleoclimática e morfoclimática quaternários sobre a área.(AB’SÁBER, 1969)

A degradação dos recursos naturais de áreas semiáridas é tema de preocupação em todo o mundo, visto que um terço de toda população mundial vive em regiões de clima árido ou semiárido, acentuando a pressão antrópica nestes ambientes com alta susceptibilidade natural a processos erosivos no solo.

O Estado do Ceará possui cerca de 92% do seu território inseridos no semiárido do nordestino, a principal forma em que essas paisagem se exibem é a dos sertões. A principal forma degradação ocorrida nestes ambientes é a degradação dos solos causadas pela atividade antrópica associados as práticas de desmatamento substituído a mata nativa de caatinga para utilizar a terra como lavoura ou para a pecuária de bonivos, ovinos e caprinos.

Partindo do entendimento do solo como um recurso natural essencial para ao desenvolvimento de diversas atividades agrícolas ou não, desta forma, a compreensão da gênese, evolução e distribuição de solos suas propriedades e características numa região é essencial para o planejamento racional deste importante recurso no uso e ocupação sustentável de territórios. (MIGUEL, 2010).

O estudo se justifica pela necessidade na ampliação dos conhecimentos sobre solos, que no contexto do semiárido do nordeste brasileiro, onde processos de degradação ambiental são comuns e quando associados aos fatores climáticos da região, ocasionam uma problemática de ainda maior gravidade e de difícil reversão do processo conhecido como desertificação, como no caso das sub-bacias dos riachos Cipó e Carrapateiras.

Desta forma, a pesquisa objetiva-se principalmente em analisar a estrutura superficial da paisagem das sub-bacias hidrográficas dos riachos Carrapateiras e Cipó no município de Tauá – Ceará. Para alcançar tal objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Classificar os tipos de solos nas sub-bacias dos Riachos Carrapateiras e Cipó a partir do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos;
- Caracterizar a morfopedologia das sub-bacias a partir de uma topossequência ;
- Analisar a ecodinâmica da paisagem, através do balanço morfogênese e pedogênese;

- Identificar os sistemas ambientais, seu estado de conservação e o uso e ocupação da terra.

A dissertação se estrutura nos seguintes tópicos: introdução, que apresenta a temática do estudo das estruturas superficiais da paisagem, os objetivos, questões norteadoras e a justificativa da pesquisa.

No primeiro capítulo 1, aborda as bases teóricas e metodológicas aplicadas na análise integrada da paisagem para a realização da pesquisa, o uso da bacia hidrográfica como recorte espacial, a relação morfogênese e pedogênese e a utilização geopedologia como uma ferramenta para o estudo da distribuição do solo associado as demais estruturas superficiais da paisagem.

O capítulo 2, aborda os aspectos geoambientais das sub-bacias dos Riachos Carrapateiras e Cipó, incluindo os estudos setoriais dos elementos que compõem a paisagem: os aspectos geológicos, geomorfológicos, climáticos, hidrológicos, pedológicos e vegetacionais. O capítulo também apresenta a compartimentação e a caracterização geoambiental das sub-bacias, discorrendo sobre as principais dinâmicas atuantes de cada unidade.

O capítulo 3, aborda as relações morfopedológicas das estruturas superficiais da paisagem nas sub-bacias a partir da análise de perfis de solo realizados numa catena num transecto NE – SO cortando ambas as bacias, juntamente dos mapeamentos realizados anteriormente na área de pesquisa. Baseado nos dados obtidos a partir dos testes laboratoriais junto das observações de campo, a área de pesquisa foi subdividida em compartimentos onde os processos de gênese e evolução do solo integrados a paisagem durante o Quaternário.



## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

### 2.1 Bacia Hidrográfica como recorte para estudos integrados

A geografia como ciência tem como objeto de estudo o espaço geográfico e se debruça em como a organização espacial é construída pela sociedade, contudo, para estudar o espaço, é necessário que se faça um recorte, esse recorte pode se basear em diversos elementos do espaço estudado como divisões políticas, estruturas geológicas, formações florestais, biomas, lugares, entre outros.

As bacias hidrográficas são elementos constituintes da paisagem e possuem uma importância tanto no ponto de vista ambiental, como de interesse social, em função dos elementos que compõem essa feição, em especial os recursos hídricos que são imprescindíveis para o planejamento e desenvolvimento social.

Barrela et al (2001) define bacias hidrográficas como:

Conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano. p, 203

Para Santos (2004), uma bacia hidrográfica é um sistema natural, delimitado espacialmente pela topografia que condiciona a drenagem de determinada porção de um território por um curso d'água e seus afluentes, dessa forma, possuindo inter-relações físicas que integram toda essa porção da paisagem.

Vários outros conceitos de bacias hidrográficas são amplamente estudados e seguem essa mesma essência, podendo, por sua vez, incluir definições de maior ou menor abrangência em determinados enfoques a depender do tipo de estudo no qual ele se debruça, que contribuem na sua utilização como recorte para realização de estudos voltados à gestão ambiental.

Por exemplo, o conceito de bacia hidrográfica apresentado por Lima e Zakia (2000), que aborda o viés geomorfológico dessa feição:

[...] sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis 25 interdependentes, que oscilam em torno de um padrão, e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, acarretará em uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico. (LIMA; ZAKIA, 2000 p. 35)

As bacias hidrográficas, como descrito por Carvalho (2018), são delimitações

espaciais de dimensões variáveis, tendo em vista que, estas são fonte de recursos abióticos e ecológicos essenciais para o uso humano dentro da realidade socioeconômico na qual determinada população vive, bem como seu potencial transformador da paisagem geográfica.

Todavia, faz-se necessário compreender não somente as relações sociais que ocorrem dentro desse contexto, mas também a natureza material desses corpos hídricos superficiais que compõem essa paisagem e modelam as bacias hidrográficas, das suas relações com as estruturas geológicas, geomorfológicas e condições edafoclimáticas.

A bacia hidrográfica, para Pires, Santos e Del Prette (2005), é a subdivisão mais adequada na realização de estudos qualitativos e quantitativos envolvendo fluxos de água, sedimentos e nutrientes. Nesse entendimento, as bacias são sistemas delimitados, cujos fluxos de entrada e saída de água podem ser calculados através do balanço hídrico, proporcionando dados essenciais para o planejamento estratégico de recursos hídricos da unidade. Corroborando com o destacado por Calasans, Levy e Moreau (2005), que descrevem a dinâmica tanto da precipitação quanto da evapotranspiração que podem ser observadas como forças externas impostas ao sistema, ou a partir de condições de contorno para analisar as condições de disponibilidade hídrica dentro deste recorte.

A utilização de bacias hidrográficas como unidades de planejamento e gestão de territórios é uma prática recente, como o descrito por Pires, Santos e Del Prette (2005). A Alemanha foi a vanguarda na utilização dessas unidades para o planejamento em 1957, segundo Rosa (2011). Já no Brasil, o interesse pela gestão de recursos hídricos superficiais teve seu início com o Código das Águas, em 10 de julho de 1934, a partir do decreto federal nº 24.643. Entretanto, o primeiro projeto só foi realizado em 1963, pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, com a cooperação técnica de profissionais franceses no estudo de bacias hidrográficas no Nordeste do Brasil (SILVA,1998).

Essa delimitação territorial foi introduzida no Brasil a partir da Política Nacional de Recursos Hídricos com a aprovação da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que foi posteriormente utilizada em diversas outras regulamentações, como na Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, e na Lei 12.651, de 25 de maio de 2012.

A partir do aumento da demanda por recursos hídricos desde a década de 70, houve também a necessidade de incorporar a gestão de múltiplos usos da água, como irrigação, navegação, uso industrial e abastecimento público. Dessa forma, a utilização de bacias hidrográficas como unidade de planejamento e gestão ambiental, buscou organizar as implicações sobre o uso de recursos hídricos, sejam eles socioeconômicos, naturais e políticos, de forma que a água se torne o ponto de convergência deste complexo sistema ambiental de

relações múltiplas entre a sociedade e a natureza. (PIRES, SANTOS e Del PRETTE, 2005).

Dessa forma, faz-se necessário compreender que as bacias hidrográficas como sistemas abertos que podem sofrer alteração nos fluxos de matéria e energia proveniente de atividade antrópico sobre o sistema. Logo, os processos socioeconômicos podem contribuir na aceleração dos processos de desequilíbrio da paisagem.

Essa inter-relação entre os processos sociais e o comportamento das condições naturais vai de encontro ao conceito de bacia hidrográfica abordado por Cunha e Guerra (1998, p. 353):

A geografia como ciência tem como objeto de estudo o espaço geográfico e se debruça em como a organização espacial é construída pela sociedade, contudo, para estudar o espaço, é necessário que se faça um recorte, esse recorte pode se basear em diversos elementos do espaço estudado como divisões políticas, estruturas geológicas, formações florestais, biomas, lugares, entre outros.

As bacias hidrográficas são elementos constituintes da paisagem e possuem uma importância tanto no ponto de vista ambiental, como de interesse social, em função dos elementos que compõem essa feição, em especial os recursos hídricos que são imprescindíveis para o planejamento e desenvolvimento social.

Barrela et al (2001) define bacias hidrográficas como:

Conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios, esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocarem no oceano.

Para Santos (2004), uma bacia hidrográfica é um sistema natural, delimitado espacialmente pela topografia que condiciona a drenagem de determinada porção de um território por um curso d'água e seus afluentes, dessa forma, possuindo inter-relações físicas que integram toda essa porção da paisagem.

Vários outros conceitos de bacias hidrográficas são amplamente estudados e seguem essa mesma essência, podendo, por sua vez, incluir definições de maior ou menor abrangência em determinados enfoques a depender do tipo de estudo no qual ele se debruça, que contribuem na sua utilização como recorte para realização de estudos voltados à gestão ambiental.

Por exemplo, o conceito de bacia hidrográfica apresentado por Lima e Zakia (2000), que aborda o viés geomorfológico dessa feição:

[...] sistemas abertos, que recebem energia através de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, podendo ser descritas em termos de variáveis 25 interdependentes, que oscilam em torno de um padrão, e, desta forma, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Assim, qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, acarretará em uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico. (LIMA; ZAKIA, 2000 p. 35)

As bacias hidrográficas, como descrito por Carvalho (2018), são delimitações espaciais de dimensões variáveis, tendo em vista que, estas são fonte de recursos abióticos e ecológicos essenciais para o uso humano dentro da realidade socioeconômico na qual determinada população vive, bem como seu potencial transformador da paisagem geográfica.

Todavia, faz-se necessário compreender não somente as relações sociais que ocorrem dentro desse contexto, mas também a natureza material desses corpos hídricos superficiais que compõem essa paisagem e modelam as bacias hidrográficas, das suas relações com as estruturas geológicas, geomorfológicas e condições edafoclimáticas.

A bacia hidrográfica, para Pires, Santos e Del Prette (2005), é a subdivisão mais adequada na realização de estudos qualitativos e quantitativos envolvendo fluxos de água, sedimentos e nutrientes. Nesse entendimento, as bacias são sistemas delimitados, cujos fluxos de entrada e saída de água podem ser calculados através do balanço hídrico, proporcionando dados essenciais para o planejamento estratégico de recursos hídricos da unidade. Corroborando com o destacado por Calasans, Levy e Moreau (2005), que descrevem a dinâmica tanto da precipitação quanto da evapotranspiração que podem ser observadas como forças externas impostas ao sistema, ou a partir de condições de contorno para analisar as condições de disponibilidade hídrica dentro deste recorte.

A utilização de bacias hidrográficas como unidades de planejamento e gestão de territórios é uma prática recente, como o descrito por Pires, Santos e Del Prette (2005). A Alemanha foi a vanguarda na utilização dessas unidades para o planejamento em 1957, segundo Rosa (2011). Já no Brasil, o interesse pela gestão de recursos hídricos superficiais teve seu início com o Código das Águas, em 10 de julho de 1934, a partir do decreto federal nº 24.643. Entretanto, o primeiro projeto só foi realizado em 1963, pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, com a cooperação técnica de profissionais franceses no estudo de bacias hidrográficas no Nordeste do Brasil (SILVA, 1998).

Essa delimitação territorial foi introduzida no Brasil a partir da Política Nacional de Recursos Hídricos com a aprovação da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que foi

posteriormente utilizada em diversas outras regulamentações, como na Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, e na Lei 12.651, de 25 de maio de 2012.

A partir do aumento da demanda por recursos hídricos desde a década de 70, houve também a necessidade de incorporar a gestão de múltiplos usos da água, como irrigação, navegação, uso industrial e abastecimento público. Dessa forma, a utilização de bacias hidrográficas como unidade de planejamento e gestão ambiental, buscou organizar as implicações sobre o uso de recursos hídricos, sejam eles socioeconômicos, naturais e políticos, de forma que a água se torne o ponto de convergência deste complexo sistema ambiental de relações múltiplas entre a sociedade e a natureza. (PIRES, SANTOS e Del PRETTE, 2005).

Dessa forma, faz-se necessário compreender que as bacias hidrográficas como sistemas abertos que podem sofrer alteração nos fluxos de matéria e energia proveniente de atividade antrópico sobre o sistema. Logo, os processos socioeconômicos podem contribuir na aceleração dos processos de desequilíbrio da paisagem.

Essa inter-relação entre os processos sociais e o comportamento das condições naturais vai de encontro com o conceito de bacia hidrográfica abordado por Cunha e Guerra (1998, p. 353):

Sob o ponto de vista do autoajuste, pode-se deduzir que as bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas, uma vez que as mudanças significativas em qualquer dessas unidades podem gerar alterações, efeitos e/ou impactos a jusante e nos fluxos energéticos de saída (descarga, carga sólida e dissolvida).

Moragas (2005, p. 32), concordando com os autores anterior, define bacia hidrográfica como:

(...) área drenada por uma rede de canais influenciada por diversas características topográficas, litológicas, tectônicas, de vegetação, dentre outras. Mas a bacia hidrográfica representa um complexo sistema de inter-relações ambientais, socioeconômicas e políticas.

Moraga (2005), por sua vez, aborda os aspectos estruturais e ecológicos juntamente dos sociais, econômicos e políticos se inter-relacionando de modo dialético nas bacias hidrográficas.

Em busca de abranger uma bacia hidrográfica de escala compatível para o escopo deste estudo, optou-se por utilizar a subcategorização de sub-bacia, que são comumente utilizadas em análises de maior detalhe que abrangem uma escala local. Tal escolha tem o intuito de promover uma caracterização patível à escala do recorte, tendo em vista que a área estudada localiza-se na cabeceira da bacia do Rio Jaguaribe, a maior bacia hidrográfica do Estado do Ceará.

As vantagens analíticas do uso da sub-bacia hidrográfica como recorte é defendida por Nascimento (2013) e diversos outros autores como Odum (1988), Beltrame (1994), Rocha e Kurtz (2001), por se tratar de uma escala onde os impactos ambientais causados pela atividade antrópica podem ser verificados.

As sub-bacias são áreas drenadas de afluentes do curso principal de água. Contudo a definição de sua extensão territorial é discutida por diversos autores, Silva (2017), por exemplo, aponta que sub-bacias têm de possuir áreas maiores que 100km<sup>2</sup> e menores que 700km<sup>2</sup>. Martins et al. (2005), por sua vez, indica que as dimensões superficiais podem possuir uma maior variação, entre 20.000ha e 300.000ha, frisando que esta variação está atrelada à própria natureza da sub-bacia e o local do país onde ela se localiza.

Autores como Santana (2004) e Silva (2017) complementam na ideia de que as bacias hidrográficas podem ser subdivididas em quaisquer quantidades de sub-bacias a depender do ponto exutório selecionado para o estudo ao longo do seu curso de maior grau e da mesma forma que afluentes de menor grandeza hierárquica se interligam ao canal principal de maior grandeza hierárquica, assim se comportam as bacias hidrográficas, em relação a esta última, as sub-bacias estariam numa ordem hierárquica inferior.

Gomes et al. (2020), numa tomada mais recente a respeito da discussão sobre o termo sub-bacias, reformula a ideia de sub-bacia hidrográfica como uma forma de análise do ambiente multidimensional de viés qualitativo:

A sub-bacia hidrográfica tem sido outra terminologia atribuída às BHs com o intuito de indicar uma hierarquização de seu sistema de drenagem conforme seu nível de complexidade, quantidade de áreas drenadas, ordens dos rios e relações direta que exerce com o rio principal da rede hidrográfica que a engloba. Morfologicamente, é formado pelo prefixo sub- justaposto ao substantivo bacia, modificado pelo adjetivo hidrográfica. Semanticamente, o primeiro designa algo que está abaixo, é inferior ou menor hierarquicamente, enquanto o segundo designa um sistema espacial multidimensional cujas dimensões hidrogeomorfológicas costumam ser seus atributos mais destacados. Portanto, a sub-bacia hidrográfica é entendida como uma BH menos complexa e tributária de outra rede de drenagem que é a principal (GOMES et al., 2020, p.14)

Então, optou-se como recorte para este estudo a análise da sub-bacia hidrográfica, que se apresentou como a melhor método de análise das estruturas superficiais da paisagem, tendo em vista que se trata de uma subdivisão realizada por processos e dinâmicas naturais com a ocasional ação antrópica.

visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas, uma vez que as mudanças significativas em qualquer dessas unidades podem gerar alterações, efeitos e/ou impactos a jusante e nos fluxos energéticos de saída (descarga, carga sólida e dissolvida).

Moragas (2005, p. 32), concordando com os autores anterior, define bacia hidrográfica como:

(...) área drenada por uma rede de canais influenciada por diversas características topográficas, litológicas, tectônicas, de vegetação, dentre outras. Mas a bacia hidrográfica representa um complexo sistema de inter-relações ambientais, socioeconômicas e políticas.

Moraga (2005), por sua vez, aborda os aspectos estruturais e ecológicos juntamente dos sociais, econômicos e políticos se inter-relacionando de modo dialético nas bacias hidrográficas.

Em busca de abranger uma bacia hidrográfica de escala compatível para o escopo deste estudo, optou-se por utilizar a subcategorização de sub-bacia, que são comumente utilizadas em análises de maior detalhe que abrangem uma escala local. Tal escolha tem o intuito de promover uma caracterização patível à escala do recorte, tendo em vista que a área estudada localiza-se na cabeceira da bacia do Rio Jaguaribe, a maior bacia hidrográfica do Estado do Ceará.

As vantagens analíticas do uso da sub-bacia hidrográfica como recorte é defendida por Nascimento (2013) e diversos outros autores como Odum (1988), Beltrame (1994), Rocha e Kurtz (2001), por se tratar de uma escala onde os impactos ambientais causados pela atividade antrópica podem ser verificados.

As sub-bacias são áreas drenadas de afluentes do curso principal de água. Contudo a definição de sua extensão territorial é discutida por diversos autores, Silva (2017), por exemplo, aponta que sub-bacias têm de possuir áreas maiores que 100km<sup>2</sup> e menores que 700km<sup>2</sup>. Martins *et al.* (2005), por sua vez, indica que as dimensões superficiais podem possuir uma maior variação, entre 20.000ha e 300.000ha, frisando que esta variação está atrelada à própria natureza da sub-bacia e o local do país onde ela se localiza.

Autores como Santana (2004) e Silva (2017) complementam na ideia de que as bacias hidrográficas podem ser subdivididas em quaisquer quantidades de sub-bacias a depender do ponto exutório selecionado para o estudo ao longo do seu curso de maior grau e da mesma forma que afluentes de menor grandeza hierárquica se interligam ao canal principal de maior grandeza hierárquica, assim se comportam as bacias hidrográficas, em relação a esta última, as sub-bacias estariam numa ordem hierárquica inferior.

Gomes *et al.* (2020), numa tomada mais recente a respeito da discussão sobre o termo sub-bacias, reformula a ideia de sub-bacia hidrográfica como uma forma de análise do ambiente multidimensional de viés qualitativo:

A sub-bacia hidrográfica tem sido outra terminologia atribuída às BHs com o intuito de indicar uma hierarquização de seu sistema de drenagem conforme seu nível de complexidade, quantidade de áreas drenadas, ordens dos rios e relações direta que exerce com o rio principal da rede hidrográfica que a engloba. Morfológicamente, é formado pelo prefixo sub- justaposto ao substantivo bacia, modificado pelo adjetivo hidrográfica. Semanticamente, o primeiro designa algo que está abaixo, é inferior ou menor hierarquicamente, enquanto o segundo designa um sistema espacial multidimensional cujas dimensões hidrogeomorfológicas costumam ser seus atributos mais destacados. Portanto, a sub-bacia hidrográfica é entendida como uma BH menos complexa e tributária de outra rede de drenagem que é a principal (GOMES *et al.*, 2020, p.14)

Então, optou-se como recorte para este estudo a análise da sub-bacia hidrográfica, que se apresentou como a melhor método de análise das estruturas superficiais da paisagem, tendo em vista que se trata de uma subdivisão realizada por processos e dinâmicas naturais com a ocasional ação antrópica.

## **2.2 Relação Solo x Relevo a relação pedologia e geomorfologia**

As observações a respeito da variação das características e atributos dos solos e sua distribuição geográfica são tão antigas quanto os primeiros assentamentos de grupos humanos sedentários, pois junto ao desenvolvimento do conhecimento e das técnicas para a agricultura, emergiu a necessidade de melhor compreender os solos e suas formas de uso e ocupação (LEPSCH, 2011).

Esse estudo do solo pode ser compreendido em dois estágios: em primeiro momento, na antiguidade, de forma empírica, a partir da produção de cerâmicas e pigmentos; em segundo momento, num período histórico mais recente, referente aos últimos séculos, o estudo do solo estava ligado à experimentação e a aplicação do método científico, que produziu o desenvolvimento dos métodos e técnicas utilizados na agricultura (LEPSCH, 2011).

Dentro desse segundo momento, como abordado por Rodrigo-Comino *et al.* (2018), durante a primeira metade do século XIX, o enfoque de grande parte dos estudos revolveu na investigação da mineralogia, química e matéria orgânica dos solos, impulsionado pelo aumento da população nos centros urbanos que gerou uma crescente demanda por alimentos. Na segunda metade do século XIX, os estudos se voltaram à compreensão e descrição dos processos intempéricos nos solos e das influências do clima sobre a pedogênese. (RAMMAN, 1983; HILGARD, 1907). Com destaque nas contribuições promovidas pela escola russa de Pedologia, encabeçada pelo naturalista russo Vasily Dukuchaev (1864-1903).

A partir destes avanços desenvolvidos por esta escola na compreensão da gênese e evolução do solo, o mesmo passou a ser compreendido como corpos naturais independentes, que gerou uma mudança no paradigma da época, que compreendia o solo como um corpo estático que fazia parte do substrato geológico, semelhante a camadas litológicas ou pacotes



sedimentares, que era estudado exclusivamente por interesse agrícola (LEPSCH, 2011; RODRIGO-COMINO *et al.*, 2018).

Dentro desse novo paradigma, o solo passa a ser observado como um produto da ação de diversos processos superficiais e subsuperficiais ao longo do tempo, condicionados pelos fatores ambientais, posteriormente denominados de fatores formadores do solo: material originário, clima, relevo, organismos e tempo. Dessa forma, as diferentes combinações dos fatores, resultariam na formação de diferentes tipos de solo, apresentando características e distribuição de horizontes particulares (ESPINDOLA, 2014).

A ciência que se debruçou sobre o estudo dos solos se consagrou como Pedologia, termo que embora tenha sido cunhado por Fallou em 1862, foi utilizado por Dokuchaev para designar esse novo campo de estudos (ESPINDOLA, 2014). As contribuições da escola russa de Pedologia foram múltiplas, mas com ênfase nos estudos sobre gênese e morfologia dos solos a partir da análise dos perfis, a distribuição vertical dos horizontes, os fatores de formação, além dos diversos avanços na cartografia de solos, também conhecida como Geografia dos Solos, que era compreendida como o estudo da distribuição espacial dos solos na superfície terrestre (MACHADO; CASTRO e LADEIRA, 2022).

A escola russa de Pedologia também foi responsável por introduzir nas escolas europeias e estadunidenses a utilização de horizontes como componentes-chaves para a caracterização e classificação de solos. As implicações trazidas pela linha científica russa, juntamente da teoria de Davis a respeito do ciclo geográfico de evolução do relevo convergiram numa compreensão da evolução do solo associada ao relevo, a fim de compreender as modificações das estruturas superficiais da paisagem e como elas se relacionam com os processos pedogenéticos, como demonstrado nos trabalhos de Marbut(1927) e Kellog (1937), que serviram de base para a primeira edição do *Soil Survey Manual* em 1937 e o primeiro mapa de solos dos EUA em 1938 (RODRIGO-COMINO *et al.*, 2018; MACHADO; CASTRO e LADEIRA, 2022).

Posteriormente, nos anos 40 do século XX, a partir do livro ‘‘Fatores de Formação dos Solos’’ (JENNY, 1941), o autor integra os princípios básicos da Pedologia com o enfoque no estudo de equacionar os cinco fatores formadores. A partir do modelo de Jenny (1941), foi levado à atenção a lateralidade dos solos e, portanto, impulsionou os estudos sobre a sucessão lateral do solo nas unidades de relevo, as topossequências, percebendo que o relevo como fator predominante dentre os fatores formadores (JENNY, 1946; BREVIK; FENON; HOMBURG, 2016).

A compreensão das relações entre relevo e solo, relacionado à sua gênese e evolução

em função dos aspectos topográficos foi desenvolvida por Milne (1935), durante seu estudo nas vertentes do oeste da África, que resultou no desenvolvimento do conceito de catena e, a partir dele, o de lateralidade do solo, uma vez que o autor afirmava que as mudanças na paisagem, em particular o relevo, interfere diretamente na distribuição dos solos, pois o padrão geomorfológico causava mudanças no comportamento dos demais fatores de formação (Milne, 1964; Campos, 2012).

Sob outro enfoque, o *Soil Survey Manual* (Soil Survey Staff, 2017) defende que além do relevo, o tempo possui um maior destaque entre os fatores formadores do solo. Através de estudos geomorfológicos demonstrando a importância do tempo de exposição das superfícies aos processos pedogenéticos. Neste ínterim, Zinck *et al.* (2016) destaca a relação genética das geoformas aos fatores de formação abordados por Jenny (1941): a topografia (geomorfologia), as propriedades do material originário (geologia) e a idade relativa da superfície (morfoestratigrafia).

A partir da década de 70, os estudos das interrelações entre o solo e o relevo, que assumiram diversas terminologias como o apontado por Zinck *et al.* (2016): *Soil Geomorfology; soils and geomorphology; pedology and geomorfology; morphopedology; geopedology; pegogeomorphology* e também abordagens gerais como Geologia, Geomorfologia, Pedologia e abordagens integradas. O autor destaca que esta variedade na terminologia se deve ao caráter multidisciplinar do estudo do solo e os diferentes enfoques que pesquisadores de diversas áreas de formação concentram suas pesquisas (LEPSCH, 2011).

Cabe destacar os avanços científicos realizados a respeito do entendimento das relações solo-relevo nesse período que são amplamente debatidos por diversos autores (SANTOS, 2000; QUEIROZ NETO, 2011; CAMPOS, 2012; ZINCK *et al.*, 2016; CASTRO, 2021).

Estudos sobre as superfícies geomórficas e seu vínculo com a variabilidade espacial, bem como a distribuição dos solos, dessa forma utilizando declives topográficos como indicadores gradientes de variação nas características do solo e as zonas de transição entre superfícies geomórficas como limiar entre tipos de solo num mapeamento (MILNE, 1935; CONACHER; DALRYMPLE, 1977).

As interações entre o solo e a dinâmica hídrica tanto superficial como subsuperficial, atuando desde os processos erosivos de balanço de massa em vertentes, até a relação dessa dinâmica com os processos pedogenéticos locais, assim, alterando características e propriedades do solo (Vidal-Torado; Lepsh; Castro, 2005).

A relação solo-relevo na compreensão na dinâmica de evolução das paisagens, com a

nomenclatura de *Soil Landscape* (pedopaisagem) discutida por Buol, Hole e McCracken (1973), onde a paisagem é setorizada e caracterizada a partir dos tipos de solo e a topografia e como elas se relacionam com os demais componentes da paisagem.

A análise estrutural da cobertura pedológica, introduzida por Boulet (1978), embora anteriormente abordada por Milne (1935), fortalece a ideia que o solo se trata de uma cobertura superficial continua sob a superfície terrestre, um *continuum*, onde as características morfológicas, a estratificação dos horizontes e as propriedades físicas e químicas se modificam numa natureza multiescalar, desde processos microscópicos no interior do corpo do solo até a própria dinâmica da paisagem em que ele entrega, e não reconhecendo corpos de solo como indivíduos.

É possível afirmar, portanto, a partir do abordado por Zinck *et al.* (2016), que existe um conhecimento bem estabelecido das relações entre a geomorfologia e a pedologia de como os processos geomórficos influenciam na gênese e distribuição do solo, enquanto, por outro lado, as características e propriedades do solo influenciam na evolução do relevo e da paisagem o qual integram. Essa afirmação corrobora com o discutido por autores como Jungerius (1985) e Queiroz Neto (2011), que ressaltam a forte interação entre os fatores de formação do solo e o relevo possuindo um caráter recíproco e dialético, onde as alterações de um, influenciam no comportamento do outro, com o relevo possuindo também um papel de destaque na gênese e evolução do solo.

Dentro da percepção de Zinck *et al.* (2016), as linhas que estudam a relação solo-relevo se subdividem na linha acadêmica e a aplicada, a primeira buscando as causas e os processos que interrelacionam a geomorfologia da pedologia, e a segunda se preocupa na utilização prática de indicadores geomorfológicos como ferramenta para subsidiar os levantamentos pedológicos, tendo sua atenção direcionada ao mapeamento do solo. Zinck *et al.* (2016) ainda afirmam:

“O levantamento de solos tem sido o laboratório de campo onde as modalidades de aplicação da geomorfologia à cartografia de solos foram formuladas e testadas. A estrutura da paisagem geomórfica serviu de pano de fundo para o mapeamento do solo, enquanto a dinâmica do ambiente geomórfico ajudou a explicar a formação do solo, com retroalimentação da informação pedológica ao conhecimento geomórfico.”

Apesar dessa subdivisão proposta pelo autor, ambas as coexistem, contudo, suas aplicações são diferentes, a primeira possuindo uma maior flexibilidade metodológica e escalar nas análises realizadas, já a prática possui um caráter pragmática, estabelecendo protocolos e normatizações de órgãos e instituições que regulamentam esse tipo de estudo que estão, na maioria das vezes, ligados à área agrônômica.

## **2.2 A Geopedologia como ferramenta para o estudo das estruturas superficiais da paisagem**

Um levantamento pedológico, para Embrapa (1995), trata-se de um prognóstico da distribuição geográfica do solo e a variabilidade das suas características químicas, físicas e morfológicas. O levantamento tem finalidade de identificar, classificar e delinear áreas heterogêneas em parcelas mais homogêneas, com a menor variabilidade possível em função dos parâmetros de classificação e caracterização utilizadas para distinção de diferentes tipos de solo.

O levantamento de solos desde sua concepção possui caráter multidisciplinar, tendo consideração que a Pedologia apresenta essa natureza integradora em função do processo de formação do solo e sua distribuição sobre a superfície terrestre e para isso são utilizados conhecimentos de diversas áreas como: Geografia, Geologia, Biologia, Geomorfologia, Botânica, Climatologia, entre muitas outras. A Geomorfologia possui um certo destaque por sua capacidade de servir como indicador da dinâmica da paisagem, assim facilitando o processo de delimitação das propriedades e características do solo (MACHADO; CASTRO e LADEIRA, 2022).

Zinck et al. (2016) aponta que na aplicação dos conhecimentos geomorfológicos no levantamento de solos, duas abordagens têm sido adotadas. A primeira, defendida nas obras de pesquisadores como Tricard (1965) e Ruhe (1975), baseada no “procedimento de antecedência”, onde as bases informacionais e cartográficas são realizadas de modo independente, por profissionais especialistas de cada área realizado primeiro o levantamento geológico, a partir dele, o levantamento geomorfológico e baseado neles um segundo grupo de especialistas realizaria o levantamento de solos.

Já a segunda abordagem baseia-se no “modo paralelo” que se utiliza da interpretação de fotografias aéreas e produtos de geoprocessamento remoto e a partir delas um grupo multidisciplinar realizaria em conjunto a interpretação da paisagem e dos elementos de há compõem, resultando em levantamentos diversos.

Compreendendo este paradigma, faz-se importante observar qual linha fora utilizada no levantamento de solo nas américas. Nos EUA, como esse tipo de estudo sobre o solo se iniciou na primeira metade do século XX, tiveram como base o “sistema de antecedência”. Na América do Sul por outro lado, onde boa parte dos levantamentos realizados possuía fins

de planejamento ambiental e atividades agropastoris, nas décadas de 1950 e 1960. Como é o caso de alguns países como Venezuela e Colômbia (ZINCK, 2012; ZINCK et al. 2016).

Os levantamentos realizados nestes países latinos foram guiados sob abordagens integradoras, a partir de equipes multidisciplinares com profissionais de diversas áreas de relevância para o estudo do solo. Em particular, o levantamento realizado na Venezuela se baseou na integração entre a Geomorfologia e a Pedologia ao longo de todas as etapas do levantamento, desde a interpretação dos produtos de sensoriamento remoto a elaboração do mapa final (ZINCK, et al., 2016)

O Brasil, por outro lado, durante o mapeamento exploratório do solo do país, enfrentou grande influência das técnicas e procedimentos utilizados pelos norte-americanos, com utilização de fotografias aéreas disponibilizadas pela Força Aérea dos Estados Unidos – USAF, na escala de 1:50.000, num acordo realizado pelos governos dos EUA e do Brasil durante a ditadura militar (ARCHELA, 2001).

O histórico do levantamento de solos no Brasil se inicia na década de 1930 com os primeiros esboços agroecológicos do Estado de São Paulo e, até a década de 1970, os esforços para o mapeamento do solo do país que apesar de ter dimensões continentais, concentravam-se apenas na região Sudeste. Contudo, após a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, a EMBRAPA, em 1973, através do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS) e o Projeto RADAM e posteriormente o RADAMBRASIL em 1975, foram realizados os levantamentos de exploratório de solos de nove estados brasileiros em diversas regiões do país.

A classificação utilizada nesses primeiros levantamentos foi essencial na compreensão das relações relevo-solo no Brasil, era utilizadas três categorias gerais: I – Solos bem desenvolvidos que se caracterizam pela presença de horizontes B texturou ou B latossólico; II – Solos moderadamente desenvolvidos caracterizada por solos com horizontes com caráter hidromórfico; III – Solos poucos desenvolvidos que se configuravam por solos de caráter litólico rasos, pedregosos e com pouca atividade pedogenética.

Durante a interpretação da evolução associada à distribuição geográfica, foi presumida uma evolução pedogenética crescente associada às dinâmicas erosivas condicionadas pelo modelado do relevo através do processo de dissecação erosiva, gerando o desenvolvimento pedogenético. Onde os locais com o relevo plano e suave ondulado com a presença de solos com B latossólico, locais com relevo ondulado onde predominavam os solos com B textural,

regiões dissecadas com o relevo mais acidentado onde se desenvolviam os Litossolos e nos fundos de vale onde se localizavam com maior frequência os solos de caráter hidromórfico, em função do ambiente de saturação de água no qual estavam inseridos (EMBRAPA, 1995).

A partir desse estudo foi possível observar a relação solo-relevo, mesmo que de forma bastantes simples, baseiam a compreensão da associação entre os processos da morfogênese e pedogênese e como esse conhecimento pode auxiliar os trabalhos de levantamento e mapeamento do solo, tendo em vista que as macroestruturas geomorfológicas (ROSS, 2013).

Dessa forma, os atributos do relevo (altitude, declividade, morfologia, entre outros) auxiliam no reconhecimento da sucessão de solos e até prevendo a distribuição dos solos baseados nos conhecimentos geomorfológicos da área de estudo, bem como a utilização dos demais atributos da paisagem, auxiliando no levanto em escala regional e melhorando a acurácia dos mapas de solo.

Posteriormente, a Embrapa, criou um sistema de normas e procedimentos para os levantamentos de solos realizados no Brasil que apresentava metodologias para a realização de levantamentos em diversas escalas, desde os ultra-detalhados aos exploratórios, que inclui a realização de topossequências para o estudo de solos localizados em seções topográficas que seccionam a superfícies geomórfica de seu topo até o fundo dos vale como o sugerido por Boulet, Humbel e Lucas (1982).

Essa classificação, mais tarde, em 1999, foi atualizada pela coordenação de classificação taxonômica nacional de solos, posteriormente denominada de Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS, utilizando critérios da morfologia do perfil de solo, a partir da disposição dos horizontes e suas atribuições genéticas, diagnósticas associados à sua interpretação analítica junto aos outros elementos da paisagem que ele integra (EMBRAPA, 1999).

O primeiro mapa de solos do Brasil que abrangia todo o território nacional, na escala de 1:5.000.000, reunia todo o conhecimento de solo acumulado, até então, pela Embrapa e pelo projeto RADAMBRASIL, que, em função da escala, optou por utilizar o relevo como indicador das classes de solo e suas respectivas paisagens, todavia, até então não se empregava o termo geopedologia (MACHADO; CASTRO e LADEIRA, 2022).

A expressão Geopedologia aparece no Brasil já no século XXI, está associado a abordagens conceituais e metodológicas modernas de autores como Curcio; Uhlmann e Sevegnani (2006), Paula e Santos (2010); Silva (2019); Mello (2019). Essa abordagem pode

ser compreendida a combinação dos estudos sobre os aspectos fisiográficos da paisagem, na busca de compreender as dinâmicas predominantes no ambiente e identificar suas potencialidades e limitações. Sendo por muitas vezes na literatura tratado como sinônimo de relação solo-paisagem ou correlação solo-relevo.

Geopedologia é um dos termos utilizados para designar os estudos das relações entre solo e relevo e entre a Pedologia e a Geomorfologia. Esta abordagem se utiliza de padrões no relevo, aplicados ao mapeamento pedológico (ROSSIETER, 2000). Nesse tipo de estudo, é comum a realização de toposequências como estratégia metodológica de suporte aos mapeamentos.

A abordagem geopedológica utilizada neste trabalho baseia-se na proposta levantada por Zinck (1988), e posteriormente discutida por Rossiter (2000), Zinck (2012) e Zinck et al. (2016), que se preocupa em compreender os vínculos genéticos e evolutivos entre o solo e o relevo através de sensoriamento remoto, observações de campo e análises químicas, físicas e morfológicas de laboratório. Possuindo como finalidade encontrar relações causais da distribuição do solo na paisagem visando um mapeamento pedológico.

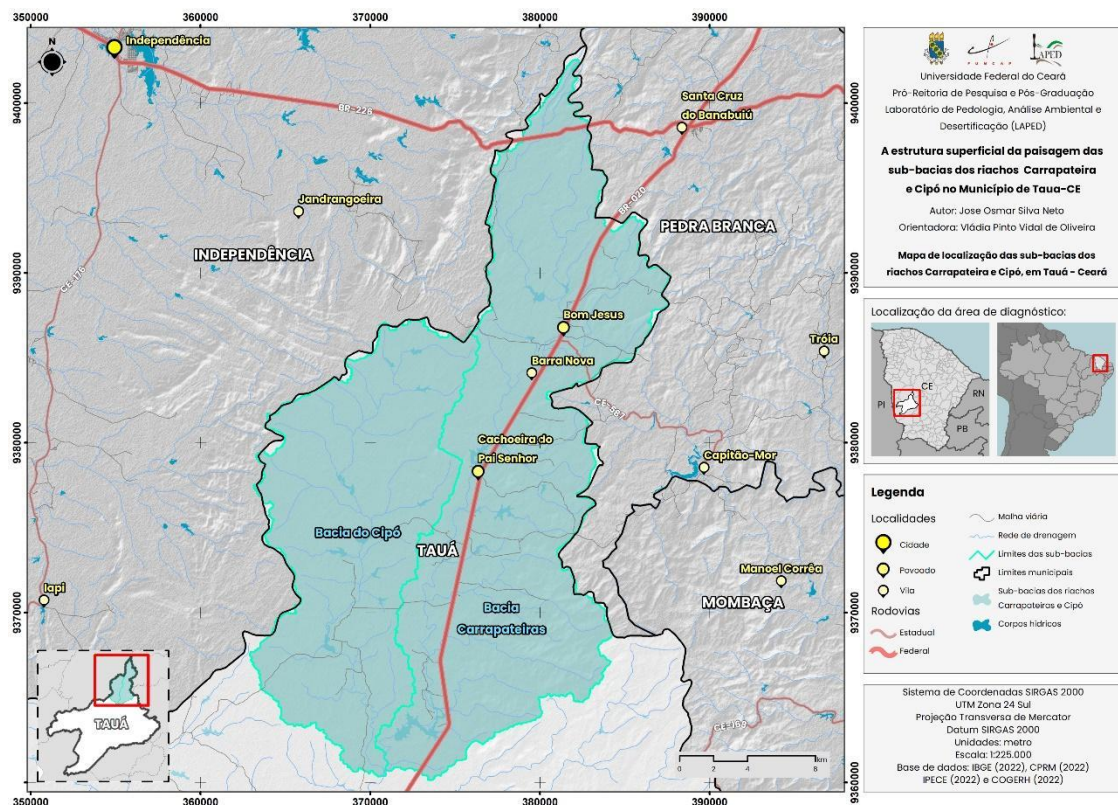
Alicerçado nisso, mapeamento geopedológico se configura como uma abordagem tradicional com a finalidade de antever a distribuição de solos, fundamentado na dinâmica da paisagem. Um importante fator analisado é a dinâmica hídrica, tanto superficial como subsuperficial, tendo em vista que, os processos pedogenéticos sofrem grande influência, sabendo que a água tem um importante papel nos mecanismos de adição, remoção, transformação e translocação de constituintes do solo. (CELARINO e LADEIRA, 2011)

A partir do destacado por Méndez e Dualiby (2017), a perspectiva geopedológica possui quatro importantes aspectos estruturantes, a morfometria, a morfogênese, a morfocronologia e a morfodinâmica. Fundamentado nesses aspectos, esta abordagem enfoca em compreender os processos modeladores da paisagem e baseado neles estabelecer as relações entre o relevo e os solos, a fim de prever a ocorrência e a distribuição dos solos na paisagem. (FARSHAD, ZINCK e SHRESTHA, 2016).

### 3 METODOLOGIA

A área selecionada para a realização do estudo são as sub-bacias dos riachos Cipó e Carrapateiras no distrito de Barra Nova, em Tauá – CE (Figura 1), que juntas possuem cerca de 900km<sup>2</sup> de área, em função da alta suscetibilidade da região à processos de desertificação comuns ao semiárido nordestino. As sub-bacias estão localizadas no alto curso da bacia hidrográfica do Jaguaribe na porção a norte do município de Tauá (CEARÁ, 2009), inserido na Microrregião do Sertão dos Inhamuns, na parte SW do Estado do Ceará, inserido entre as coordenadas geográficas 05° 25' 48" S na parte norte, 06° 48' 27" S ao sul, 39° 48' 38" W a leste e 40° 42' 09" W ao oeste. O recorte geográfico das sub-bacias fica compreendido na folha topográfica da SUDENE/DSG, Várzea do Boi (SB.24-V-D-IV) escala 1:100.000, projeção UTM, Datum Córrego Alegre- Minas Gerais, fuso 24 Sul, elaborada pela Divisão de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG).

Figura 1: Mapa de localização das sub-bacias dos riachos Carrapateiras e Cipó



Fonte: Autor

Para a realização de um estudo diagnóstico da paisagem e o levantamento de solos, a fim de caracterizar as condições da sub-bacia hidrográfica dos rios Carrapateiras e Cipó, serão utilizados os procedimentos normativos de levantamento pedológicos (EMBRAPA,1995),



considerou-se adequado o emprego da abordagem sistêmica como método de análise da paisagem, servindo como base para a realização do levantamento dos solos das sub-bacias hidrográficas.

As fundações teórico-metodológicas para o estudo dos sistemas ambientais baseiam-se numa série de estudos analíticos e sistêmicos dirigida temática da paisagem, na qual têm-se como autores Bertrand (1971), Tricart (1977, 1981), Christofolletti (1999), Souza (2000), Souza e Oliveira (2011), Oliveira (2019), Lyu et al.(2020), que, através de seus trabalhos, contribuem com métodos e técnicas utilizados pela análise sistêmica voltados para o planejamento ambiental a análise do espaço geográfico.

A abordagem sistêmica considera a análise do conjunto de unidades que possuem propriedades em comum, bem como intrinsecamente correlacionam em si, através de constantes fluxos de matéria e energia (MMA, 2006). Essas propriedades e características se dividem em três fatores, os fatores do potencial ecológico (geologia + geomorfologia + climatologia + hidrologia), da exploração biológica (solos + cobertura vegetal + fauna) e das condições de ocupação e da exploração dos recursos naturais.

Considerando as relações de fatores de potencial ecológico, da exploração dos recursos naturais e as condições de ocupação e exploração dos recursos naturais, esta análise servirá como base para a espacialização e delimitação cartográfica da área estudo em unidades espaciais homogêneas e, a partir delas, a compartimentação geoambiental numa escala compatível às diferenças da paisagem local e com os objetivos do estudo.

### **3.1 Etapa de Escritório**

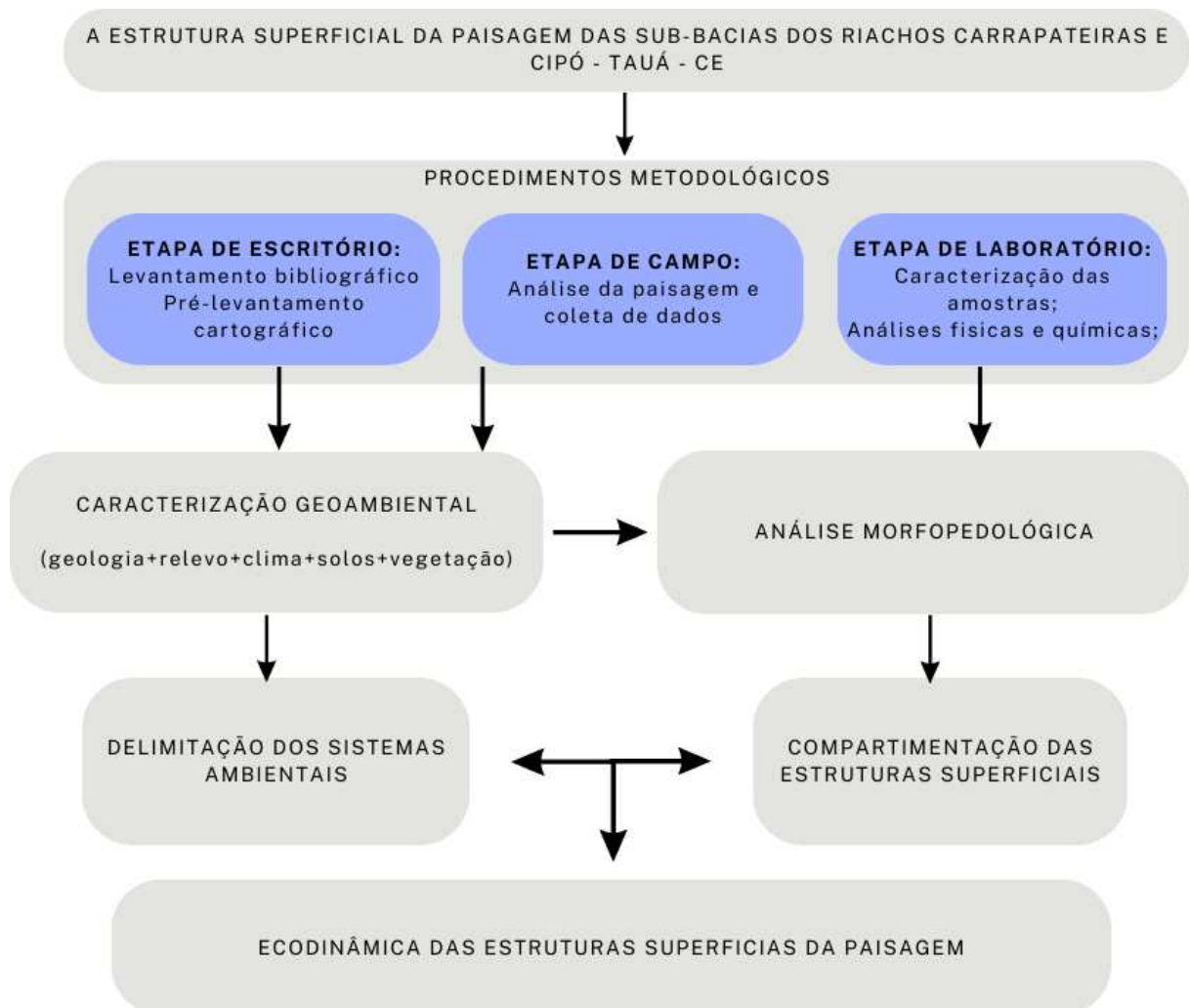
Para realização dos estudos preliminares sobre a natureza física da região, foram utilizados os mapas bases como o Mapa Geológico da Folha Várzea do Boi (SB. 24-V-D-IV) do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2011), que melhor se descreve o enquadramento do local de pesquisa, cartografias abordando o contexto geológico e de uso e ocupação e a contextualização socioeconômica do Zoneamento Ecológico-Econômico das áreas susceptíveis à desertificação do estado do Ceará – Núcleo II Inhamuns (FUNCEME, 2015), o mapa de sistemas ambientais e os estudos realizados por Pinheiro (2003) e do perfil municipal do município de Tauá publicado pelo (IPECE, 2015), bem como produtos cartográficos compilados e disponibilizados pelo IBGE na plataforma <https://visualizador.inde.gov.br>.

O principal mapa base para a realização do estudo de solos no Ceará é o Levantamento exploratório de reconhecimento de solos do estado do Ceará (JACOMINE et al., 1973) na

escala de 1:600.000, contudo, para adequação do estudo de solos para a área de estudo, optou-se pela escala de 1:200.000.

Para realização do estudo morfo pedológico optou-se por traçar uma topossequência ao longo de uma transecto na direção NE–SO onde foram realizados três perfis em diferentes ambientes nas sub-bacias dos Riachos Carrapateiras e Cipó. As etapas metodológicas seguidas na pesquisa estão descritas na figura abaixo.

Figura 2 : Fluxograma metodológico



Fonte: Autor

### 3.2 Procedimentos Operacionais

Para a realização do levantamento de solos das sub-bacias dos riachos Carrapateiras e Cipó, fazem-se necessárias diversos trabalhos de campo, a fim de identificar, reconhecer e amostrar os solos mais representativos da área de estudo, tendo em vista que, o principal

objetivo do levantamento de solo é a representação das unidades de mapeamento, seguindo o melhor método de coleta a partir das individualidades locais, portanto o apontamento dos locais para realização das análises só pode ser determinado durante o trabalho de campo. SANTOS et al, 2005).

Os perfis de solos durante o trabalho de campo serão identificados, classificados e coletados em quantidades suficientes para a avaliação das características morfológicas, químicas, físicas, bem como para registros fotográficos dos componentes da paisagem, além da descrição das características gerais de cada ponto de amostragem.

Durante o procedimento de levantamento dos solos, serão realizados os seguintes passos metodológicos;

- Descrição morfológicas dos perfis de solos e das paisagens em seu entorno, a partir dos critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos;
- Coleta de amostras para realização de análises físicas e químicas;
- Interpretação e discussão das análises laboratoriais;
- Classificação dos solos a partir dos padrões do SiBCS (EMBRAPA, 2019);
- Levantamento dos solos a partir do Manual de Procedimento Normativos de Levantamentos Pedológicos (EMPRAPA, 1995).

O material coletado nos perfis foi descrito, com o auxílio de fichas, a partir de suas propriedades morfológicas, entre outras informações dos pontos como: Vegetação, localização, coordenadas geográficas, declividade, relevo regional e local, uso aparente do solo, drenagem, erosão, pedregosidade, rochosidade e qualquer outra particularidade encontrada durante a descrição e interpretação do solo e da paisagem.

### **3.3 Etapa Laboratorial**

#### ***3.1.1 Análises Físicas***

A realização das análises das características físicas do solo tem como objetivo ampliar o conhecimento sobre as frações mineralógicas que compõem o solo. Dessa forma, tornou-se necessário utilizar os padrões do Manual de métodos de análise de solos (EMBRAPA, 1997).

Densidade do solo: Utilizou-se o método do anel volumétrico, onde a coleta de amostras de solo com estrutura indeformada é realizada através de um anel de aço (Kopeck) de bordas cortantes e volume interno de 50 cm<sup>3</sup>. Nessa análise, determina-se o volume do anel que contém a amostra. As amostras foram pesadas em um cadinho numerado e com peso

conhecido. A amostra é colocada na estufa por 105°, e após 24 horas é pesada. O valor da densidade (D) é medido por g/cm<sup>3</sup>, sendo: a= peso da amostra seca a 105°C (g) e b= volume do anel (114,51cm<sup>3</sup>), através da equação:

$$D=a/b$$

Frações areia, silte, argila: Houve a pesagem de 20 g de TFSA (Terra Fina Seca ao Ar) com hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 mol/L, agitada em alta rotação (12.000 rpm), durante 15 minutos. As frações areia grossa (diâmetro 0,2-2,0 mm) e areia fina (diâmetro 0,5-0,2 mm) foram separadas em peneiras com malhas de 0,250 e 0,053 mm de abertura, respectivamente. A fração argila (diâmetro < 0,002 mm) foi determinada pelo método da pipeta, e a fração silte (diâmetro 0,002-0,5 mm) calculada por diferença.

Relação Silte/Argila: A aquisição é realizada após determinação do conteúdo das frações areia, silte e argila no material do solo analisado, indicativo do grau de intemperismo do solo e avaliação da movimentação de argila no perfil. O cálculo é feito dividindo-se o teor de silte pelo teor de argila total.

### ***3.1.1 Análises Químicas***

Utilizações de análise física do solo visam ampliar conhecimentos das leis que conduzem a natureza física do solo, originando técnicas e métodos que transformam o solo como componente do ambiente. Dessa forma, tornou-se necessária as análises dos perfis de solos, seguindo os padrões do Manual de métodos de análise de solos (EMBRAPA, 1997).

pH em H<sub>2</sub>O- Mede o potencial eletronicamente por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo-solução (1:2,5), com repouso de uma hora e agitação da suspensão antes da leitura do pH.

Cálcio e Magnésio trocáveis- são extraídos com Cloreto de potássio (KCl) 1 mol/L, na proporção 1:20 e dosados por absorção atômica;

Potássio e Sódio trocáveis- extraídos com solução Melich 1, na proporção 1:10 e dosados por fotometria de chama; Alumínio trocável- extraído com KCl 1 mol/L, na proporção 1:20 e determinado por titulação com NaOH 0,025 mol/L;

Acidez extraível (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>)- extraída com solução de acetato de cálcio a pH 7,0, na proporção 1:15 e verificada por titulação com NaOH 0,0606 mol/L;

Cálculo do Valor S- Realizado através da soma das bases trocáveis (S), calculada e cmolc dm<sup>-3</sup> de TFSA de acordo com a equação:

$$S = Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+}$$

Cálculo do Valor T ou CTC (pH 7,0) - A capacidade de troca de cátions (CTC), corresponde à soma das bases trocáveis mais acidez potencial, calculada em cmolc dm<sup>-3</sup> de TFSA de acordo com o cálculo:

$$T = S + H + Al^{3+}$$

Em que: T= Capacidade de troca de cátions

S= Soma das bases trocáveis

Cálculo do valor V- representa o índice de saturação por base, calculada em percentagem de acordo com a expressão:

$$V = 100 \times \frac{S}{T}$$

Em que: V= Saturação por base

S= Soma das bases trocáveis

T= Capacidade de troca de cátions

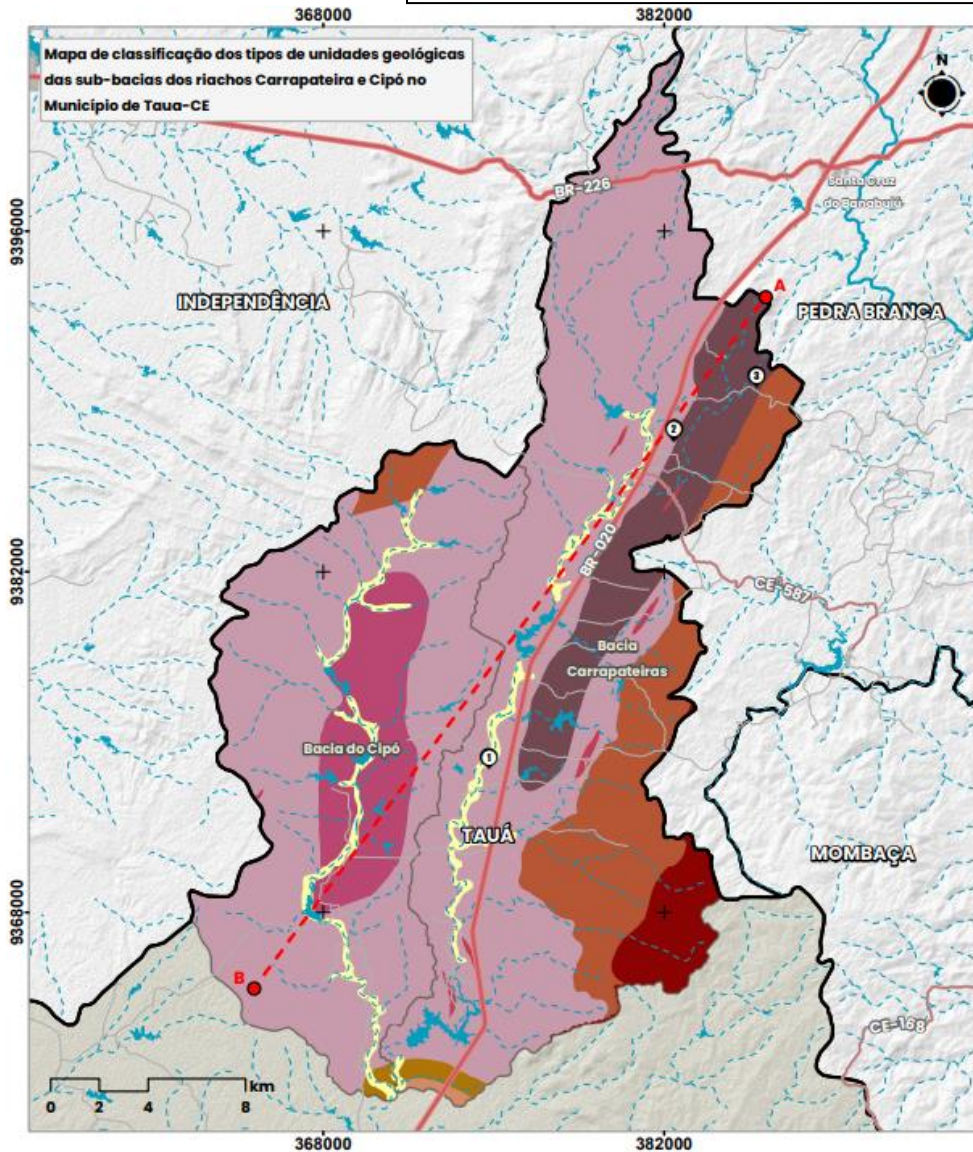
## **4 ASPECTOS GEOAMBIENTAIS DA PAISAGEM**

### **4.1 Aspectos geológicos**

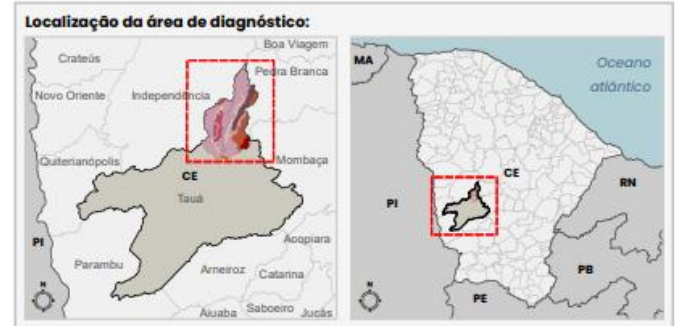
A área de estudo está inserida no Domínio Ceará Central, na Província Borborema, na porção nordeste da plataforma Sul-Americana (CPRM, 2011). As unidades litoestratigráficas que se localizam na área são: Unidade Mombaça, Unidade Tróia, Metagranitóides Cedro, Unidade Algodões, Complexo Tamboril - Santa Quitéria (Diatexitos) e Depósitos Aluviais/ Coluviais. (Figura 2)

A Unidade Mombaça é parte constituinte do Complexo Cruzeta, possui idade estimada entre 2900 – 3000 milhões de anos (CPRM, 2011), de cronoestratigrafia proveniente do Paleo-neoarqueano e possui sua gênese atrelada aos ciclos tectônicos Transamazônico e Brasileiro (VASCONCELOS & GOMES, 1998). A unidade é constituída de biotita ortognaisses cinzentos, de granulação fina a média, composição granodiorítica a monzodiorito

Figura 3: Mapa geológico das sub-bacias dos rios Carrapateiras e Cipó



Universidade Federal do Ceará
   
 Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
   
 Laboratório de Pedologia, Análise Ambiental e Desertificação (LAPED)
   
**A estrutura superficial da paisagem das sub-bacias dos rios Carrapateira e Cipó no Município de Tauá-CE**
  
 Autor: Jose Osmar Silva Neto
   
 Orientadora: Vládia Pinto Vidal de Oliveira

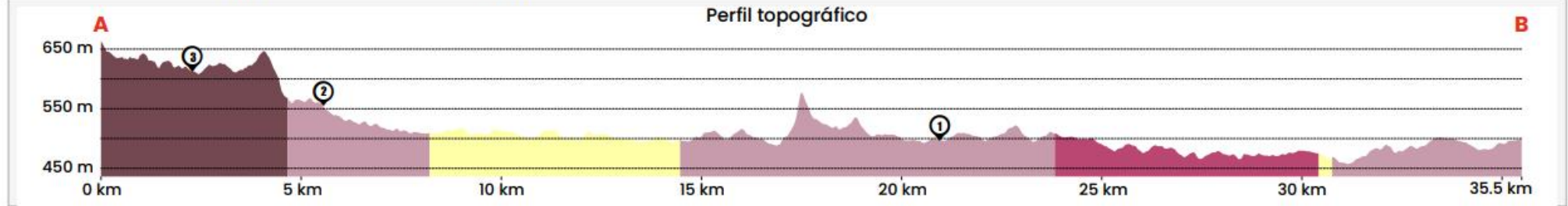


Sistema de Coordenadas SIRGAS 2000
   
 UTM Zona 24 Sul
   
 Projeção Transversa de Mercator
   
 Datum SIRGAS 2000
   
 Unidades: metro
   
 Escala: 1:200.000
   
 Base de dados: IBGE (2022), CPRM (2022), IPECE (2022) e COGERH (2022)



Período	Unidade	Legenda
Quaternário	Depósitos aluvionares e coluvionares	Depósitos aluvionares e coluvionares - areias quartzo-feldspáticas, conglomeráticas ou não, cascalhos e argilas, fragmentos de rochas (metachert, anfibolito, formações ferríferas, gnaisses, veios de quartzo, etc)
Paleozoico	Dioritos Tauá	(Dentro da suite magmática tauá) Dioritos Tauá - associação magmática alorítica a granodiorítica com tonalitos subordinados, localmente gradando para gabros.
	Granitoides Tauá	(Dentro da suite magmática tauá) Granitoides Tauá - granitos metaluminosos, de natureza cálcio-alcálica, isotrópicos, granulação variando de fina a grossa, podendo ser porfíricos, de cores variadas (branco, rosa, cinza), equigranulares a biotita e hornblenda.
Neoproterozoico	Unidade Tamboril-Santa Quitéria	Associação diversificada de rochas migmatíticas, granitoides e cálcio-silicáticas. Corresponde a uma associação granito-migmatítica, envolvendo granitoides de granulação variável até termos porfíricos, gnaissificados ou não, com geometrias e dimensões diversas.
Paleoproterozoico	Unidade Algodões	Gnaisses diversos, às vezes arcoseanos, associados à de leucogranitoides. Presença de metatexitos com neossoma quartzo-feldspático e paleossoma de rocha anfibolítica. Associam-se a lentes de quartzitos, xistos granatíferos e anfibolitos.
Paleo-neoarqueano	Metagranitóide Cedro	Orognaisses graníticos de cor branca a bege, de granulação média a grossa, com porções pegmatíticas, composição de quartzo, feldspato moscovita e biotita, a foliação quase sempre é milonítica, não chegando a desenvolver um conspicuo bandamento gnáissico. Ocorrem também raras lentes de anfibolito e calciosilicáticas.
	Complexo Cruzeta	Orognaisses cinzentos de natureza cálcio-alcálica e composição granítica a granodiorítica, de granulação média, com bandamentos variados; migmatitos estromatólicos dobrados e falhados, com injeção de pegmatitos a quartzo, feldspato e magnetita; raros diatexitos granatíferos e lentes de rochas metautamáticas representadas por esteatitos, xistos verdes e tremolito. Metabasaltos intercalados com metabasaltos, metabasaltos e lentes de metautamáticas toleicas, leucognaisses cálcio-alcálicos de composição granítica, granodiorítica e quartzo monzonítica e com participação de pegmatitos mineralizados em verfilo verde.
	Sinclinal de Tróia	

Perfil topográfico



e, subordinadamente granítica; metatexitos estromáticos com boudinage, falhas e dobras (suaves e fechadas), além de injeções (diques) de granitos potássicos e cinzentos, pegmatitos com granada e corpos de granitos potássicos sin-tectônicos metaluminosos e de natureza cálcio-alcálica de alto-K. (CPRM, 2011)

Na porção sudeste da bacia, insere-se a Unidade Troia, que se caracteriza por mudanças no ortognaisse pelo teor de feldspato com a diminuição das inclusões ultramáficas e márficas, sendo dessa forma constituída basicamente de metabasaltos intercalados com metathronjdemitos, metagabros e lentes de metaultramáficas toleíticas (komatiitos, soapstones, tremolita-actinolita xistos, talco xistos, esteatitos e serpentinitos); leucognaisses (metathronjdemitos) cálcio-alcálicos de composição granítica, granodiorítica e quartzo monzonítica e com participação de pegmatitos mineralizados de berilo verde. cmu – metaultramáficas. (CPRM, 2011)

Os Metagranitóides Cedro são constituídos por ortognaisses graníticos de com coloração branca e bege, de granulação média a grossa, com porções pegmatíticas, composição de quartzo, feldspato muscovita e biotita com a foliação quase sempre é milonítica, sem o desenvolvimento de um conspícuo bandamento gnáissico. Ocorrem também raras lentes de anfibolito e calcissilicáticas. (CPRM, 2011)

A unidade Diatexitos do Complexo Tamboril – Santa Quitéria que apresenta sua constituição formada por Rochas quartzo-feldspáticas de composição granítica, granodiorítica, quartzo monzolitica e quartzo sienítica, com enclaves de ortognaisses, anfibolitos e rochas cálcio-silicáticas, apresentando estruturas schlieren, nebulítica, schöllén e falhas. Localmente, ocorrem metatexitos e granitos na forma de diques e sills.

Na região central, os gnaisses da Unidade Algodões muitas vezes associados à sheets de leucogranitóides, às vezes arcoseano. Presença de metatexitos com neossoma quartzo-feldspático e paleossoma de rocha anfibolítica. Associam-se à lentes de quartzitos, xistos granatíferos e anfibolitos.

Depósitos Aluviais/Coluviais provenientes do período Quaternário (CPRM, 2011) localizados principalmente nas proximidades dos leitos Riachos Carrapateira e Cipó, são sedimentos vinculados à dinâmica fluvial e das vertentes, possuindo granulometria variada desde cascalhos e fragmentos de rochas a areias quartzo-feldspáticas e argilas.



## 4.2 Aspectos geomorfológicos

A geomorfologia como objeto de estudo se debruça sobre as relações dialéticas entres os agentes internos e externos que modelam o relevo. As unidades geomorfológicas possuem sua gênese, morfologia e evolução diretamente ligadas às características morfoestruturais locais, que, no caso da área pesquisada, localiza-se nos Domínios dos escudos e maciços antigos, pela classificação das unidades morfoestruturais de Souza (1988).

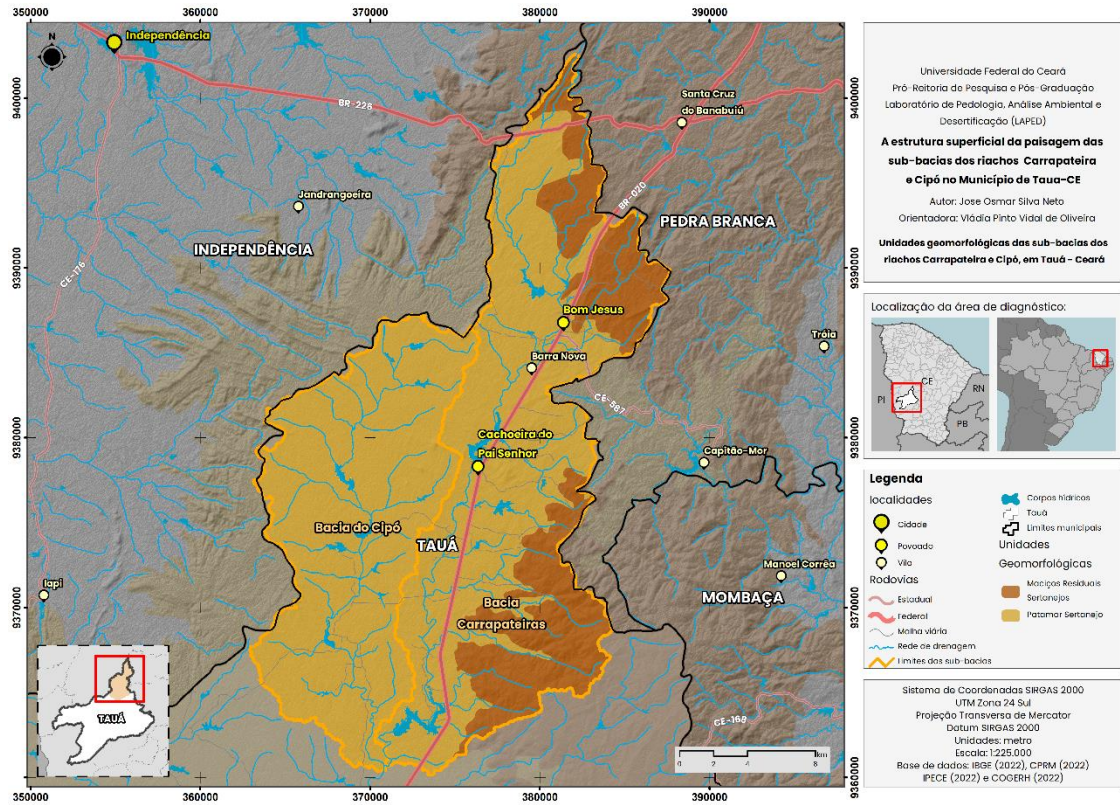
Segundo Tricart (1977), quando avaliando morfoestruturas dois aspectos são fundamentais na análise geomorfológica: a tectônica e a instabilidade morfodinâmica, pois estas influenciam a litologia que, a partir da ação da dinâmica exógena, podem gerar alterações na morfogênese e na pedogênese.

A morfoestrutura tem relevância significativa não apenas para a área estudada, mas no contexto de toda geomorfologia no Nordeste brasileiro, tendo em vista que as unidades litoestatigráficas cristalinas e as zonas de falhas e cisalhamento em toda região do Sertão dos Inhamuns evidências a ocorrência de ciclos tectônicos como o Transamazônico e Brasileiro.

A morfoescultura, ou seja, os modelados mais recentes e regidos pela dinâmica climática atual ou pretérita, como apontado por Ab'Saber (1969) e Souza (1989). Para os autores, a dinâmica do relevo em relação ao clima semiárido do nordeste brasileiro está atrelada a diversos níveis de aplainamento das superfícies. Os processos de pedimentação durante os períodos Paleógeno e Neógeno atuaram em todo o território brasileiro, contudo no nordeste provocou o alargamento das regiões interplanálticas. No Quaternário, por sua vez, as flutuações climáticas influenciaram no modelado de estruturas residuais dentro do território cearense.

Na área das sub-bacias onde a pesquisa foi realizada, foram categorizadas as seguintes compartimentações da paisagem, como demonstrado nas Figuras 3 e 4: Depressão Sertaneja Dissecada e Aplainada e Maciços Residuais

Figura 3: Mapa geomorfológico das sub-bacias dos rios Carrapateiras e Cipó



Fonte: Autor

Figura 4: Vista panorâmica da depressão sertaneja dos rios Cipó e Carrapateiras com cristas residuais da Serra das Pipocas ao fundo. (11/05/2023)



Fonte: Acervo pessoal

A depressão sertaneja é composta por rochas do Pré-Cambriano, das unidades litoestratigráficas Complexo Tamboril – Santa Quitéria e a Unidade Algodão, de altimetria variando entre 450m e 550m de altitude e de morfologia resultante de um processo de aplainamento, promovendo um relevo de característica plana ou suave ondulada. Esse processo de aplainamento do relevo é comum a ambientes caracterizados com climas áridos e semiáridos (CASSETI, 2005).

A superfície sertaneja possui essa feição geomorfológica pediplanada, que demonstra como os processos erosivos truncam todos os tipos de materiais litológicos indiscriminadamente. A erosão superficial também possui papel importante na formação dessa feição, bem como os inselbergs, morro e colinas que se destacam na superfície pediplanada em função da maior resistência à sua composição litológica aos processos intempéricos.

Os principais processos intempéricos de ambientes semiáridos é o de desagregação mecânica que atua sob as rochas cristalinas, a partir de processos como termoplástica e a esfoliação esferoidal por alívio de pressão. Contudo, a desagregação ocorre de forma desigual na paisagem, tendo maior intensidade nas encostas íngremes, que com auxílio da ação gravitacional, entalham o relevo levando estes materiais erodidos ao nível de base, em outras palavras, para o fundo dos vales escavados pelos cursos fluviais. (TOLEDO, OLIVEIRA, MELFI, 2003)

Nesse processo de movimentação dos colúvios erosivos, em função das características fitofisionômicas da vegetação de caatinga, com predominância de espécies arbustivas e uma minoria indivíduos de arbóreo de grande porte, possui baixa capacidade de retenção de sedimentos resultado no recuo das vertentes e constituindo os pedimentos.

Figura 5: Caatinga arbórea-arbustiva aberta degradada em estágio de regeneração com presença de Faveleiras (*Cnidoscolus quercifolius*) e grande diversidade de cactáceas, como Xique-xique(*Pilocereus gounellei*) e Facheiro (*Pilosocereus pachycladus*). (12/05/2023)



Fonte: Acervo pessoal

Figura 6: Vista panorâmica das sub-bacias dos riachos carrapateira e cipó, demonstrando a mudança da vegetação de caatinga arbustiva em primeiro plano, para vegetação de caatinga arbórea associada a mata ciliar dos riachos em segundo plano e, ao fundo, a vertente ocidental da Serra da Pedra Branca.(12/05/2023)



Fonte: Acervo pessoal

Os pedimentos são superfícies, com pequenas inclinações entre 1° e 4°, comuns em ambientes áridos e semiáridos, que, dentro da área de estudo, estendem-se desde as escarpas dos maciços residuais ao fundo dos vales fluviais (GUERRA & GUERRA, 2008). Para Bigarella et al. (2003), essas superfícies possuem como característica grandes áreas de susceptibilidade a processos erosivos superficiais, podendo apresentar pequenos degraus que descontinuam essa superfície que, de como geral, é plana e sua gênese se associa à movimentos eustáticos e ritmos bioclimáticos.

O grau de aplainamento dessas superfícies está diretamente relacionado à efetividade dos processos lineares que levaram ao truncamento deste relevo, quando mais efetivos, formam-se os pedimentos evolutivos e quando os processos não são suficientes para truncar indiscriminadamente, são formados os pedimentos conservados, que, por conseguinte, terão feições de relevo dissecadas. Essas regiões que apresentam essas características estão nas proximidades dos maciços residuais (SOUZA, 1989).

Os Maciços Residuais possuem como embasamento litológico cristalino das unidades Cruzeta, Cedro e Tróia, com altimetria entre 500m e 800m, com o relevo fortemente dissecado compondo esta unidade geomorfológica há as feições: Maciço e Inselbergs, Cristas e Colinas.

Essa unidade, como o próprio nome sugere, possui sua gênese e evolução relacionada aos processos de erosão diferencial, formando elevações que testemunham altimetrias de períodos pretéritos, apesar das diferenças litológicas aos processos intempéricos. Embora seja evidente o processo de dissecação das encostas provocado pela drenagem, a morfogênese mecânica em função das características climáticas do semiárido como a grande amplitude térmica, baixas precipitações e uma vegetação de pequeno porte e bem espaçada (SOUZA, 1979).

Na unidade, estão localizadas toda a porção Ocidental do Maciço da Pedra Branca, que se subdivide na Serra Branca e Serrote do Boi à oeste da sub-bacia do riacho Carrapateiras, a Serra do Logradouro e a Serra das Pipocas nos limites a leste da sub-bacia do riacho Cipó, bem como diversos inselbergs, cristas e colinas espalhados na porção central das bacias hidrográficas.

O relevo dessa unidade geomorfológica tem como principais agentes modeladores a erosão diferencial, que se relaciona com a natureza da litologia que as formam, bem como os lineamentos, as falhas, as regiões de contato litológico e os cursos fluviais que prevalece um alinhamento na direção NE-SO (PENTEADO, 1980).

As Planícies de Acumulação e as planícies fluviais formam a unidade geomorfológica de menor expressividade territorial, contudo sua gênese e evolução é um retrato da dinâmica fluvial de toda a região. A litologia predominante na unidade são Depósitos Aluviais/Coluviais do Quaternário, contendo feições ligadas a ação fluvial que geram pequenos vales com uma estreita faixa de acumulação de sedimentos.

A drenagem local, portanto, assume papel morfoestruturante, modelando os vales e as vertentes. Tanto no papel do intemperismo das rochas, cujo os sedimentos retrabalhados pela dinâmica fluvial formarão os sedimentos coluviais e aluviais das planícies, como na erosão selecionando os sedimentos de melhor menor calibre que se assentam nos canais fluviais de maior largura, desta forma os cursos d'água na cabeceira da bacia possuem sedimentos mais grosseiros.

### **4.3 Aspectos hidroclimáticos**

O clima presente na área de estudo é o semiárido, comum ao semiárido nordestino, particularmente ao Estado do Ceará, onde se abrange por cerca de 92,1% da extensão territorial (SALES, OLIVEIRA, DANTAS, 2010) e boa parte do Nordeste do Brasil, caracterizando-se por baixas médias pluviométricas, altas temperaturas e ciclos de estiagem e secas constantes. Apontado por Ab'Saber (1975) e Souza e Oliveira (2002) como uma descontinuidade em relação ao clima úmido comum a outros locais com mesma latitude, demonstrando a sazonalidade do clima semiárido.

A partir do descrito por Ferreira (2017), os principais sistemas atmosféricos atuantes no Ceará são os Eventos El Niño – 45 Oscilação Sul (ENOS), a temperatura da superfície do mar (TSM) no oceano Atlântico, a pressão ao nível do mar (PNM), as linhas de Instabilidade (LI), ondas de leste (OL), e dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) e atuação dos Ventos Alísios, da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN).

Contudo, o sistema atmosférico que tem maior impacto nas condições climáticas regionais é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (GOMES, 2017), como abordado

por Ferreira e Mello(2005) :

[...] é o fator mais importante na determinação de quão abundante serão as chuvas no Ceará, normalmente ela migra de posição no decorrer do ano de sua posição mais ao norte, aproximadamente 14° N em agosto-outubro para posições mais ao sul, aproximadamente 2ª a 4°S entre fevereiro a abril. Esse deslocamento desse sistema atmosférico se relaciona com os padrões de temperatura da superfície do mar (TSM). No Ceará ela determina a quadra chuvosa do estado, que ocorre durante os meses de fevereiro a maio. (FERREIRA e MELLO, 2005, p. 67)

Outro importante sistema atmosférico apontado por Ferreira e Mello, 2005; Ferreira, 2017; e Gomes, 2017 são as frente frias, formadas por nuvens que adentram as latitudes tropicais, resultado do encontro de massas de ar com diferentes temperaturas são responsáveis pelas chuvas que ocorrem entre os meses de novembro e janeiro.

Ferreira e Mello (2005) também abordam outros sistemas que influenciam nas condições climáticas do Nordeste como um todo, contudo a influência de alguns desses sistemas é praticamente irrelevante como no caso das brisas marítimas e terrestres, que em função da distância da área de estudo ao litoral cearense. Os oceanos Atlântico e Pacífico, por sua vez, possuem influência significativa, relacionada principalmente ao fenômeno do El Niño, que promove o superaquecimento das águas superficiais do Oceano Pacífico na zona equatorial.

Além dos efeitos dos sistemas atmosféricos, a posição geográfica da área estudada, bem como de todo o nordeste setentrional do Brasil, promove a ocorrência de altas temperaturas, índice de insolação e evaporação, que no contexto deste clima, atingem 2800 horas de radiação solar direta e taxas de evaporação que passam dos 2000mm. (OLIVEIRA, 2006)

A localização de Tauá, na microrregião do Sertão dos Inhamuns, de tipo climático Aw de acordo com Köpper e Geiger, clima tropical semiárido quente, conforme exposto na Figura 1, com temperaturas médias mensal na faixa dos 27,1 °C, o mês mais quente sendo novembro (29,1°C) e o mais frio junho (25,4°C), a precipitação média anual é de 553,4 mm, onde 76,9%, ou seja 425,5 mm, ocorrem entre os meses de janeiro e abril, evapotranspiração anual de 1803,7 mm configurando um índice de aridez de 0.31, refletindo a semiaridez da região (FUNCEME, 2015).



**Tabela 1** – Normal Climatológica do município de Tauá (1991 – 2020) Temperatura média mensal – T (°C) e Precipitação média mensal – P (mm).

Mês	Tauá	
	T (°C)	P (mm)
Janeiro	27,4	102,0
Fevereiro	26,7	94,4
Março	26,3	131,3
Abril	25,7	97,8
Maiο	25,6	48,4
Junho	25,4	19,6
Julho	26,0	9,8
Agosto	26,9	6,0
Setembro	28,1	1,3
Outubro	28,9	7,2
Novembro	29,1	11,3
Dezembro	28,6	24,3
<b>Média</b>	27,1	553,4

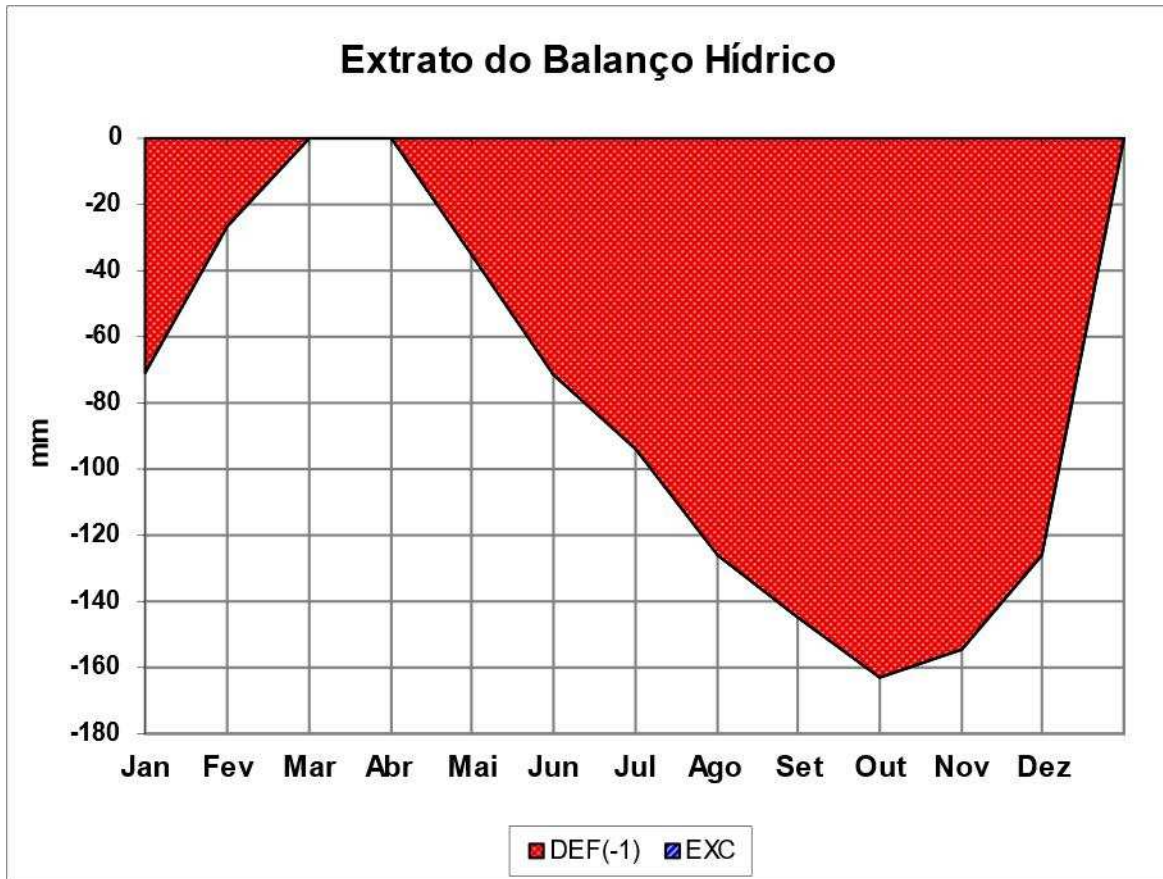
Fonte: Rodrigues *et al.* 2022. Adaptada de <https://portal.inmet.gov.br/normais>

Estas características climáticas proporcionam uma severa escassez hídrica que se reflete na paisagem do semiárido cearense, promovendo a caducifolia adaptativa da vegetação durante os períodos de estiagem, deixando o solo exposto às chuvas do período chuvoso que provocam uma tendência à erosão dos horizontes superficiais do solo.

Possuindo como base os dados da normal climatológica do município, é possível utilizar diversos modelos de cálculo do balanço hídrico, com diversas literaturas científicas os apoiando e com numerosas funcionalidades e aplicabilidades. Todavia, o modelo mais utilizado nos estudos dessa região é o desenvolvido por Thornthwaite & Mather (1955), que realiza a comparação dos valores de precipitação e evapotranspiração potencial médias.

A partir da análise desses dados, é possível aferir a distribuição da oferta hídrica durante o ano, demonstrado através dos fluxos de entrada e saída de água no ambiente, tendo como principais dados a precipitação pluvial e a evapotranspiração potencial (PEREIRA *et al.* 2002).

Figura 7 – Excedentes e Déficits hídricos do balanço hídrico climatológico



Fonte: Autor

O déficit hídrico é quando a água precipitada pela chuva é igual ou menor do que a evapotranspiração potencial local. Esse dado é essencial em projetos agrometeorológicos, na implementação de perímetros irrigados, quantificação da seca, monitoramento do avanço da desertificação entre outras políticas públicas envolvendo segurança alimentar e preservação de ecossistemas. (FERREIRA, 2021)

Os resultados da Figura 2, demonstram que a deficiência hídrica do município de Tauá não é suprida pela precipitação local durante o ano, desta forma não promovendo um excedente hídrico. Indicando a necessidade de irrigação para que não ocorra uma diminuição do crescimento vegetativo das culturas.

A deficiência hídrica média mensal é de 104,09 mm/ mês, contudo, em função da má distribuição das chuvas nos meses, os entre agosto e dezembro possuem destaque por apresentarem deficiência hídrica mensal superior a 150 mm, essas condições de estresse

hídrico submete as plantas a uma perda na fotossíntese líquida, que para a agricultura de sequeiro se traduz como perdas na produtividade de anual dos cultivos (SANTOS *et al.*, 2013).

#### **4.4 Aspectos pedológicos**

O solo é um recurso natural imprescindível para a vida humana, atuando como suporte na produção de alimentos, tecidos, combustíveis, energia, além de servirem como o substrato ideal para todos os ecossistemas terrestres do planeta, portanto, o estudo da Pedologia é essencial para a sociedade humana como forma de compreender suas características, propriedades, aptidões e limitações, a fim de promover formas de uso sustentável do solo (LEPSCH,2011).

Além das suas diversas funções e benefícios à sociedade, o solo também é produto e agente de diversos processos biogeoquímicos que garantem a continuidade da vida na Terra, atuando nos ciclos hidrológico, geológico, do carbono, do nitrogênio, entre outros nutrientes. E, a partir disso, se deu a base ao estudo dos solos, unindo diversos ramos da ciência, a fim de compreender como os solos são formados, quais diferenças existem entre solos de diferentes locais e como esses solos se distribuem sob o espaço geográfico.

O termo solo é comumente utilizado para definir qualquer parte da superfície da Terra ou até mesmo de outros planetas e astro, contudo para a ciência do solo se refere a solo como um recurso natural que é formado na superfície da Terra e possui diversos atributos, químicos, físico, biológicos, de fertilidade, manejo e uso e ocupação, podendo ser clássicos e mapeados (LEPSCH, 2011).

O solo como definido por Santos et al. (2005) define que o corpo tridimensional representativo do solo é o pédon. A face do pédon vai desde a superfície até o contato com o material originário e ele é amplamente utilizado para fins de exame, definição, classificação e coleta do solo amostrado, é chamado de perfil de solo, a menor unidade de estudo do solo. O perfil por sua vez, é constituído por faixas horizontais paralelas à superfície denominadas horizontes que são resultado dos processos pedogenéticos.

Para Embrapa (2017), os solos são definidos como:

Uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais, dinâmicos, formados por materiais minerais e orgânicos que ocupam a maior parte do manto superficial das extensões continentais do nosso planeta, contém matéria viva e pode ser vegetado na natureza onde ocorrem e, eventualmente, terem sido modificados por interferências antrópicas. (EMBRAPA, 2017, p. 22)

E, para Mendonça (2006), solo é:

Um sistema dinâmico constituído por componentes sólidos, líquidos e gasosos de natureza mineral e orgânica, que ocupa a maior parte das superfícies continentais do planeta Terra. É estruturado em camadas denominadas horizontes, sujeitas a constantes transformações entrópicas, através de processos de adição, remoção, translocação de natureza química, física e biológica. Em resumo, o solo é resultado das interações envolvendo a atmosfera, hidrosfera, biosfera e litosfera. (MENDONÇA, 2006, p. 16)

Outra definição que tem sido amplamente usada na atualidade é a de Estados Unidos (1993) no soil survey manual em que são integrados os conceitos pedológicos, evolutivos e edafológicos, priorizando o uso e ocupação do solo e suas relações com a sociedade. Como descrito por Kampf & Curi, 2012:

O solo é uma coleção de corpos naturais na superfície terrestre, em parte modificado ou mesmo construídos pela atividade humana a partir do material terrestre, que contém matéria viva e é capaz de sustentar plantas ao ar livre. Em sua parte superior, o solo limita-se com a atmosfera; lateralmente, limita-se com a rocha consolidada ou alterada e com corpos de água. O solo deve excluir o material que mostre pouco efeito das interações do clima, organismos vivos, material originário e relevo ao longo do tempo.

O solo, além disso, é um importante componente da paisagem que estabelece com essa uma relação dialética, pois o solo é um resultado dos fatores formadores, o material originário, relevo, clima, organismos vivos e o tempo. O solo, portanto, ao mesmo tempo que é um dos elementos formadores da paisagem, também estabelece relações intrínsecas com os demais elementos coevoluindo de forma dialética.

No estado do Ceará, existe uma grande diversidade de tipos de solo, e função da abundância de tipos climáticos, litológicos, geomorfológicos, geomorfológicos e fitoecológico, pois apesar de cerca de 90% do estado está inserido em áreas de clima

semiárido, os maciços residuais úmidos e o Planalto Sedimentar da Ibiapaba se comportam como verdadeiro enclaves com características climáticas úmidas e subúmidas (SOARES, 2023).

Segundo Oliveira (2002), os solos dos sertões cearenses se caracterizam por solos rasos ou pouco profundos, pedregosos, altos teores de salinidade, alta saturação por bases, com predominância da erosão laminar durante os períodos chuvosos e se desenvolvendo em sua maioria nas superfícies interplanálticas. Essa configuração serve de substrato para a vegetação de caatinga com o grau de xeromorfia a depender das condições de precipitação médias locais.

A drenagem da local assume, de forma geral, um padrão dendrítico em função da impermeabilidade da geologia cristalina, desta forma, promovendo o escoamento superficial da água das chuvas e com isso a dissecação do relevo, principalmente nas regiões próximas de vertentes mais declivosas (SOUZA, 1988). A distribuição dos solos nas sub-bacias estudadas pode ser observada na figura.

Figura 3: Mapa das associações de solo das sub-bacias dos rios Carrapateiras e Cipó

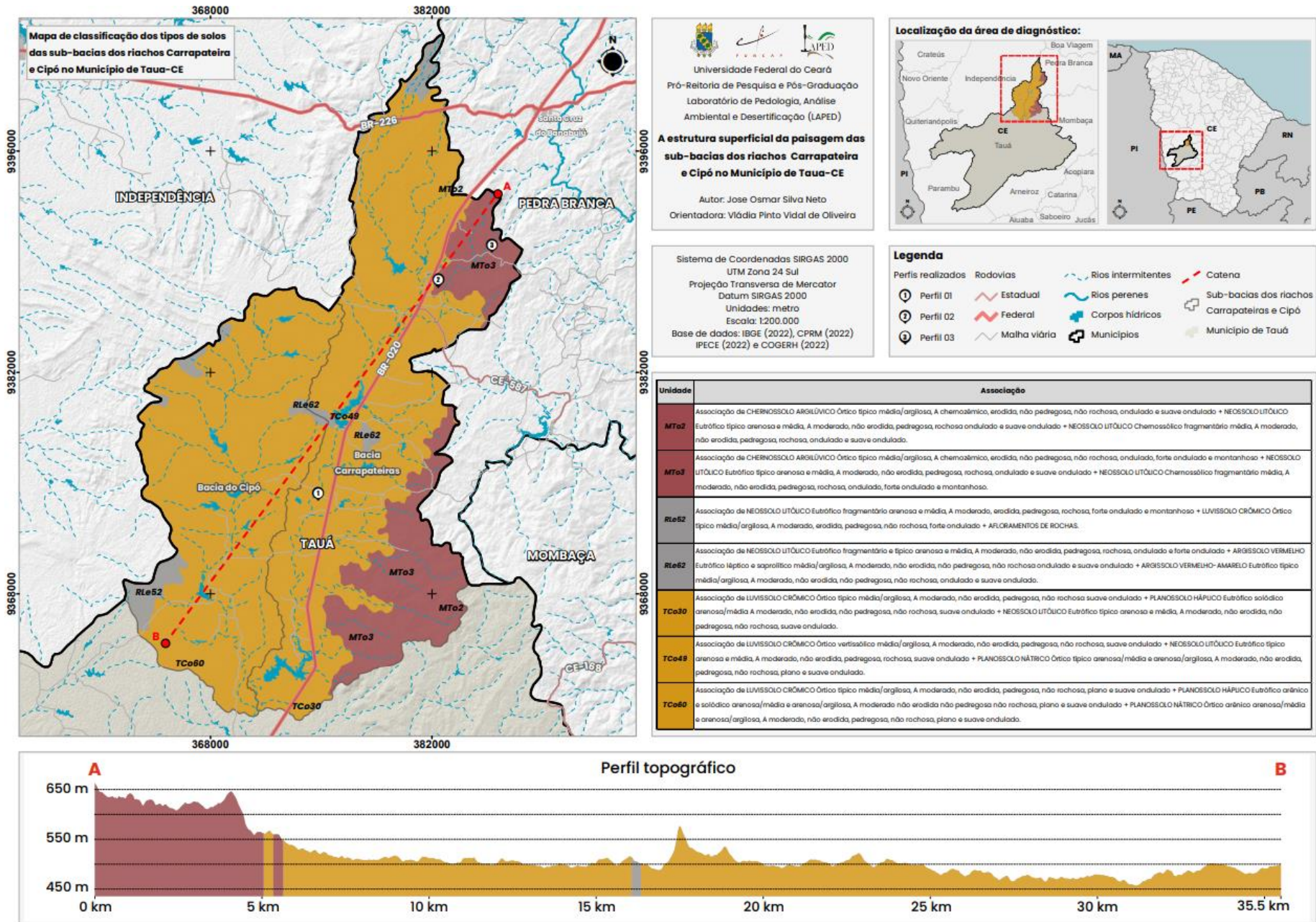
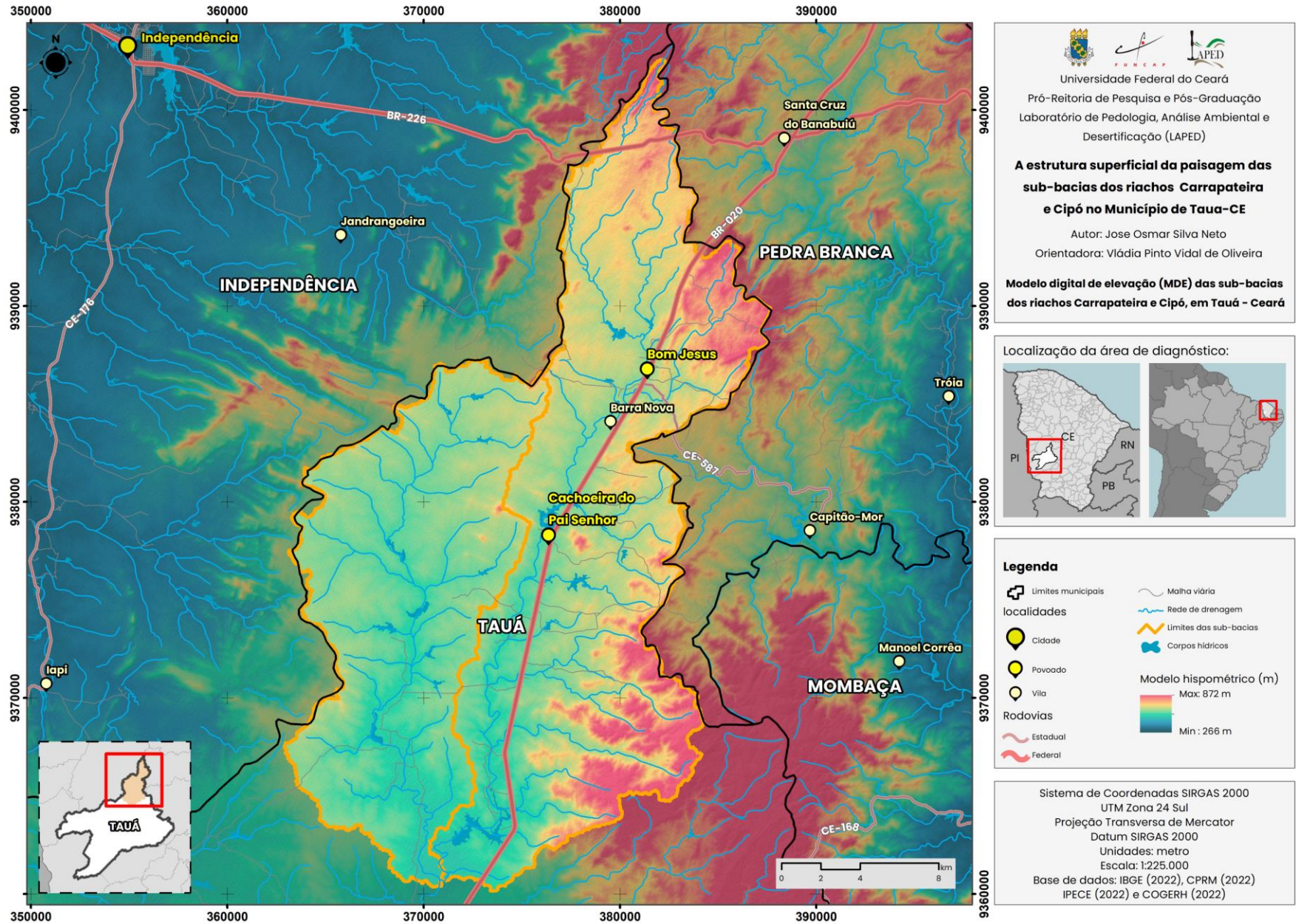


Figura 4: Modelo digital de elevação das sub-bacias dos rios Carrapateiras e Cipó



## **5 SISTEMAS AMBIENTAIS DAS SUB-BACIAS DOS RIACHOS CARRAPATEIRAS E CIPÓ**

Os sistemas ambientais são compostos por componentes abióticos e bióticos, podendo ser alterados pela ação antrópica, que em conjunto trocam matéria, energia e informação entre si, modelando as formas e funcionalidades, bem como as trocas ecológicas da estrutura superficial da paisagem. Através desses estudos sistemáticos, é possível obter ideias a respeito da cronogeomorfologia, bem como as características morfoclimáticas a partir de feições antigas e recentes do relevo.

Para realizar a delimitação entre os sistemas ambientais da área pesquisada teve-se como base os estudos de Souza, et al. (2007) e Oliveira (2011). Os autores utilizam como critério de delimitação elementos-chaves, como os solos, o processo de uso e ocupação realizado pelas comunidades e com uma maior importância a natureza geomorfológica, procedimentos já incorporados em diversos estudos sobre sistemas ambientais como Souza (2000), Brito (2005), Costa (2014), Barreto (2015) e Soares (2023).

Nas sub-bacias estudadas, foram identificados os seguintes sistemas ambientais: 1. A Vertente Ocidental da Serra da Pedra Branca; 2. Sertões Dissecados dos Inhamuns; 3. Sertões Aplainados dos Inhamuns; 4- Planícies de Acumulação dos Riachos Carrapateiras e Cipó.

### **5.1 Vertente Ocidental da Serra da Pedra Branca**

Esse sistema ambiental ocupa uma área de 87 km<sup>2</sup>, cerca de 16,3% da área total das bacias, sendo, portanto, o menor dos sistemas ambientais e localiza-se na porção mais a oeste da bacia. Sua litologia provém das formações Complexo Cruzeta e Unidade Tróia, ambas do paleoproterozóico, possui litotipos natureza granítica com predominância da biotita, ortognaisses cinzentos, de granulação fina a média, composição granodiorítica a monzodiorítica.

Apresenta uma superfície com elevação de 550m a 650m, relevo forte ondulado e ondulado, fortemente dissecado de topo em forma convexa, com densamente cortada por interflúvios de pequeno porte. Nessa unidade, nascem boa parte dos riachos de menor grau que alimentam as sub-bacias dos riachos Carrapateiras e Cipó.



Figura 10: Vista panorâmica da Vertente Ocidental da Serra da Pedra Branca



Fonte: Acervo Pessoal

O processo de formação dos pequenos maciços residuais do Ceará, como descrito por Souza (2000), é decorrente do processo de erosão diferencial, que em função da variação da resistência da rocha ao intemperismo ocasiona uma maior elevação aos locais de maior resistência litológica.

Nessa unidade os processos erosivos são de extrema importância para a compreensão da dinâmica local, tendo em vista que se localiza na zona coluvial entre o platô da Serra da Pedra Branca e a depressão sertaneja dos sertões dos Inhamuns.

Isso fica evidenciado na associação solos que recobre essa, unidade que é composta por Chernossolo Argiluvico, Neossolo Litólico e Argissolos Vermelho, como apresentados pelo Mapa exploratório dos solos do Estado do Ceará (1973) e pelo perfil 3 realizado no interior da unidade, classificado como Chernossolo Háplico Carbonático leptofragmentarios.

Figura 11: Perfil 3 - CHERNOSSOLOS RÊNDZICOS Líticos fragmentários



Fonte: Acervo Pessoal

A pedogênese desses solos está diretamente ligada a uma dinâmica erosiva e o carregamento da matéria orgânica e sedimentos mais grosseiros que são transportados da Serra de Pedra Branca, no Ceará, onde existe a mancha mais expressiva de Chernossolos do Estado, evidenciado nos mapeamentos exploratórios.

A vegetação que reveste essa unidade é de Caatinga Arbórea em processo de regeneração, apresenta um estrato arbóreo expressivo, pouco denso, contudo apresenta uma perda parcial do estrato herbáceo e arbustivo, visto que, as principais atividades realizadas são ligadas ao extrativismo, agricultura e a pecuária, principalmente a ovinocultura, em função da declividade do terreno.

O comportamento ecodinâmico da unidade tende à instabilidade, por conta de sua declividade, que proporciona uma acentuada erosão promovendo uma atuação predominante da morfogênese em detrimento a pedogênese, tendo em vista que, devido a natureza do clima semiárido local, não proporciona condições para o desenvolvimento de solos espessos.

## 5.2 Sertões Aplainados da Barra Nova

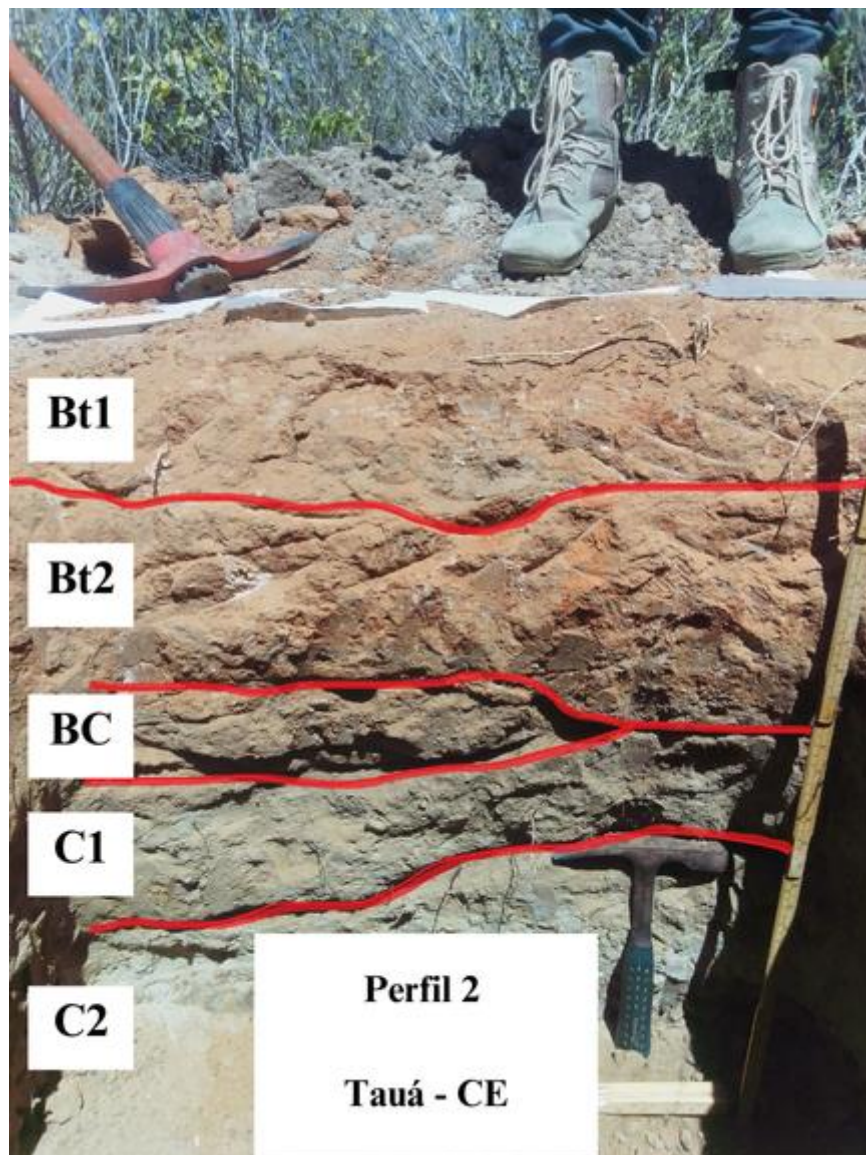
Esse sistema ambiental ocupa uma área de 103 km<sup>2</sup>, contemplando 19,3% da superfície da sub-bacia estudada, localizado na porção oeste. A litologia desse sistema é constituída de diversos litotipos, ortognaisses graníticos, granitos quartzo-feldspáticos, anfibolitos de formações provenientes do Proterozóico como as formações Cedro e Tamboril-Santa Quitéria.

Apresenta uma superfície elevada entre 500 e 550 m, com o relevo suave ondulado e plano, moderadamente dissecado, exibindo feições em forma de cristas residuais e inselbergs, locais onde em função da declividade acentuada destas feições, cortadas por interflúvios de pequeno porte que apenas se tornam aparentes durante o período chuvoso.

O relevo local se constitui a partir do processo de aplainamento, descrito por Ab'Saber (1969), indica que um dos principais agentes modeladores da paisagem durante o Cenozóico foram as mudanças climáticas e processos tectônicos, alternados entre duas fases, a fase pedogenética, em períodos de clima úmido e a fase morfogenética, nos períodos de clima seco, durante os quais sofriam de chuvas violentas e temporais esporádicos que proporcionaram o processo de pediplanação do relevo.

Os solos dessa unidade se distribuem em associações de Luvissolo Crômico Órtico, observado no Perfil 2, Neossolos Litólico Eutrófico e Planossolo Nátrico Órtico. O mosaico de solo preenche toda a superfície da planície pediplanada, tendo como principais fatores na sua diferenciação na paisagem a litologia e o modelado do relevo. O processo de formação desses solos está diretamente associado à evolução da paisagem.

Figura 12: Perfil 2 - LUVISSOLOS CRÔMICOS ÓTICOS típicos



Fonte: Acervo Pessoal

A vegetação que recobre a unidade é de Caatinga Arbórea Arbustiva Aberta num estágio avançado de degradação, conforme as análises do processo de degradação realizadas por Pinheiro (2003). Com a vegetação de baixa estatura e espaçada, com o predomínio de arbustos e cactáceas e baixa diversidade no estrato arbóreo lenhoso com a espécie predominante sendo a Favelereira (*Cnidoscolus quercifolius*).

Dessa forma, observa-se que os sertões se apresentam como um ambiente de transição, com tendência à estabilidade, tendo em vista que os processos pedogenéticos predominam em relação aos morfogênicos.

Figura 13: Sertões Aplainados dos Inhamuns



Fonte: Acervo Pessoal

### 5.3 Sertões Dissecados da Barra Nova

Esse sistema ambiental ocupa uma área de 270 km<sup>2</sup>, ocupando 50,6% do território das bacias situado na porção central da bacia. A litologia do sistema é de origem Proterozóica, das formações Cedro, Cruzeta, Tamboril-Santa Quitéria e intrusões metaultramáficas significativas da unidade Tróia, os litotipos predominantes são ortognaisses graníticos, granitos quartzo-feldspáticos e biotita.

A estrutura superficial desse sistema apresenta uma configuração estrutural com diversas falhas, fraturas e discontinuidades litológicas, com um relevo suave ondulado a ondulado, cortado por diversos interflúvios que promovem um padrão dentrítico para a

drenagem e exibem declives entre 10% e 25%, em que as rampas de pedimentação convergem a oeste, em direção do riacho Carrapateiras

Figura 14: Sertões Dissecados dos Inhamuns



Fonte: Acervo Pessoal

O sistema atua como um ambiente transicional, onde ambos os processos erosivos comuns na Vertente Ocidental da Serra da Pedra Branca, que promovem a dissecação do relevo e provoca do modelado ondulado e os processos deposicionais e de pediplanação do relevo comuns nos Sertões Aplainados, causando a formação de pedimentos nos fundos de vale.

A cobertura do solo da região é a associação de Luvisolo Crômico Órtico Vertissólico + Neossolo Litólico Eutrópico Típico + Planossolo Nátrico Órtico Típico com presença de diversos afloramentos rochosos recobertos por caatinga abórea-arbustiva degradada.

A vegetação desse sistema é constituída de uma Caatinga arbóreo-arbustiva com intrusões de cultivo de subsistência, apresentando-se de forma aberta com elementos espaçados, estrato arbustivo pobre, herbáceo bastante ralo e a significativa presença de cactáceas de estrato arbóreo. (GONÇALVES, 2003)

#### 5.4 Planícies Fluviais dos riachos Carrapateiras e Cipó

Esse sistema ambiental ocupa uma área de 73km, ocupando 13,7% do território das bacias, sua localização está diretamente associada com os cursos fluviais de maior calibre das bacias. A litologia desse sistema ambiental é oriunda no Holoceno, na forma de Depósitos Aluviais em faixas de acumulação de sedimentos no fundo dos vales fluviais, sujeitos a inundação durante o período chuvoso e possuindo extensões e larguras irregulares em função da dinâmica fluvial.

Figura 15: Planície Fluvial do Riacho Carrapateiras (15/04/2024)



Fonte: Acervo Pessoal

A composição desses Depósito Aluviais está diretamente associada à gênese e evolução dessa unidade ambiental na interação entre os sedimentos carregados da vertente ao vale fluvial, o que provoca uma granulometria diversa com sedimentos mais grosseiros a montante e a mais finos a jusante.

O solos que recobrem essas áreas são mapeados como uma associação de Luvisso

crômico órtico vertissólico, Neossolo litólico eutrófico típico e Planossolo nátrico órtico típico, a partir do mapeamento de reconhecimento do Estado do Ceará (1973), contudo essa tipologia de solo não corresponde com a realidade local observados durante os trabalhos de campo.

Isso se deve à escala utilizada na confecção desse produto cartográfico, que não permite a representação desse sistema ambiental por conta de suas dimensões reduzidas, visto que rios em ambientes semiáridos não possuem competência para a translocar os sedimentos mais grosseiros em boa parte do ano. Contudo, foi realizado o Perfil 1, figura 16 classificado como CAMBISSOLOS FLÚVICOS Carbonáticos típicos.

A vegetação deste sistema é constituída por mata ciliar descaracterizada pela ação antrópica, por meio do extrativismo, proporcionando, dessa forma, uma condição de vegetação secundária. A fitofisionomia predominante é do estrato herbáceo/ arbustivo denso, com presença de espécies de grande porte como o Juazeiro (*Zizipus joazeiro*), espécie que remete a uma comunidade primitiva prévia a descaracterização da unidade. (GONÇALVES, 2003)

A ecodinâmica deste sistema é de transição, tendendo a instabilidade



Figura 16: Perfil 1 – CAMBISSOLO FLÚVICO carbonático típico

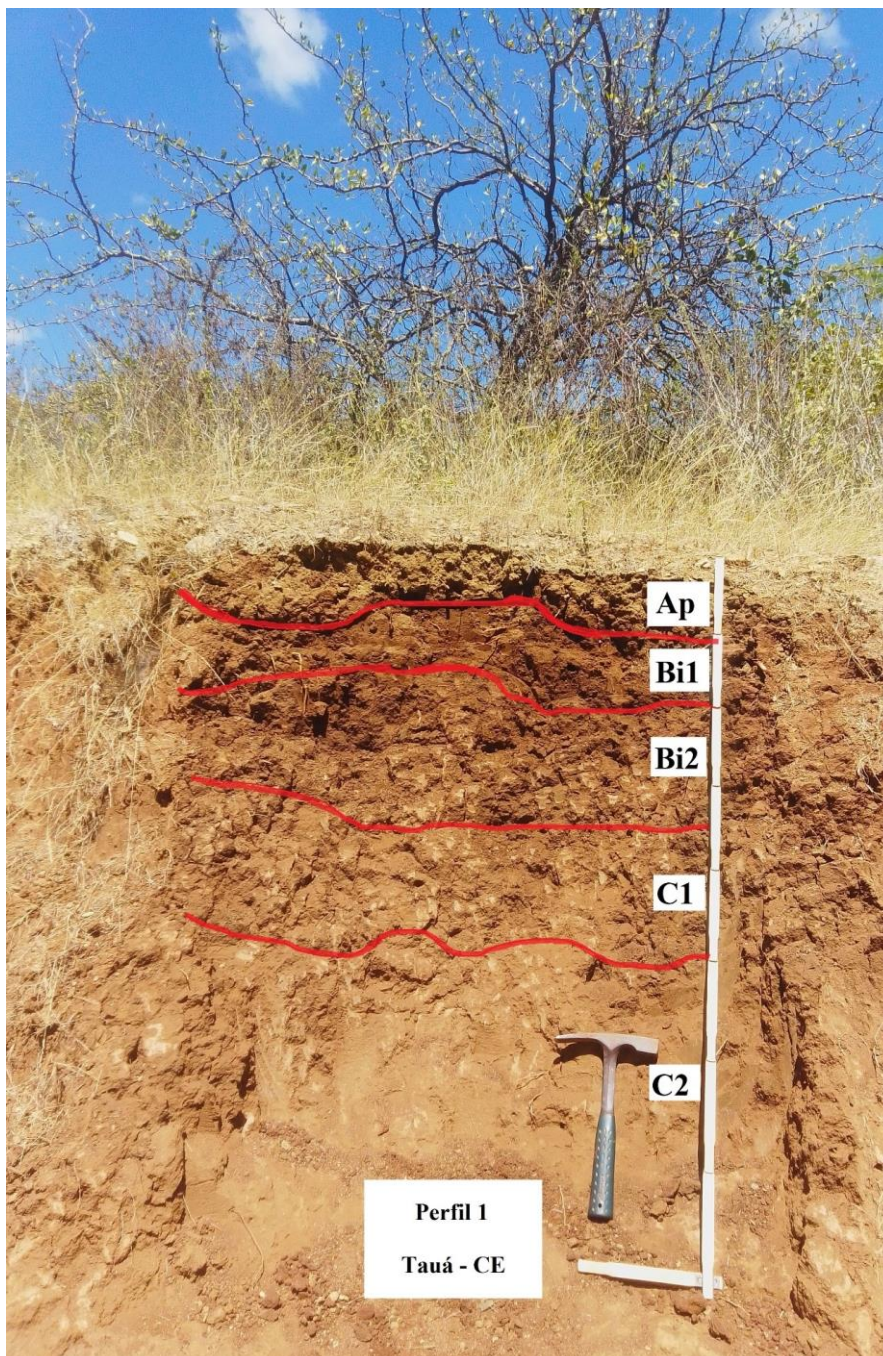


Figura 4: Mapa dos sistemas ambientais das sub-bacias dos riachos Carrapateiras e Cipó

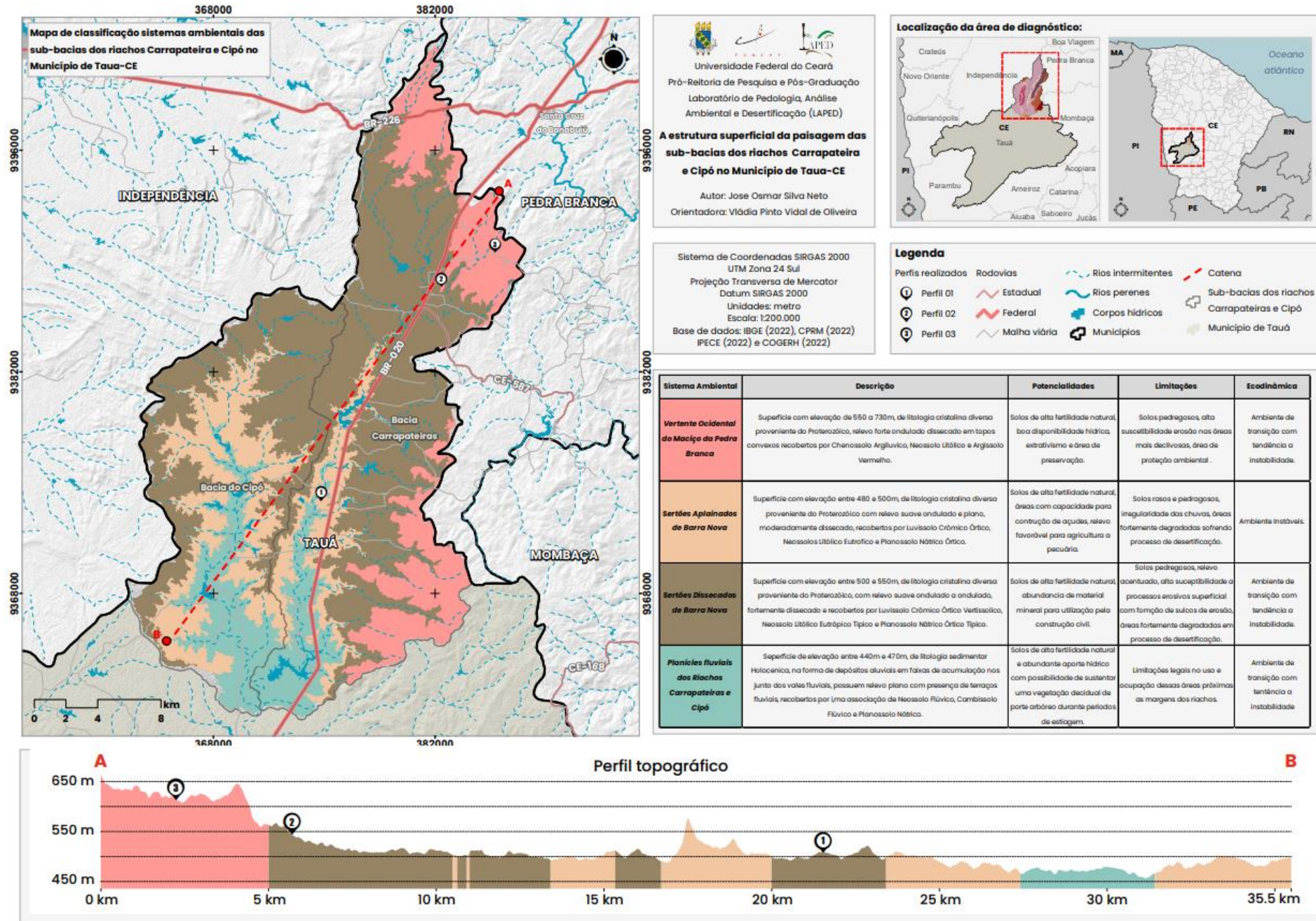


Tabela 2: Sistemas Ambientais das sub-bacias dos riachos Carrapateiras e Cipó

Sistema Ambiental	Descrição	Potencialidades	Limitações	Ecodinâmica
<b>Vertente Ocidental do Maciço da Pedra Branca</b>	Superfície com elevação de 550 a 730m, de litologia cristalina diversa proveniente do Proterozóico, relevo forte ondulado dissecado em topos convexos recobertos por Chenossolo Argiluvico, Neossolo Litólico e Argissolo Vermelho.	Solos de alta fertilidade natural, boa disponibilidade hídrica, extrativismo e área de preservação.	Solos pedregosos, alta suscetibilidade erosão nas áreas mais declivosas, área de proteção ambiental	Ambiente de transição com tendência a instabilidade
<b>Sertões Aplainados de Barra Nova</b>	Superfície com elevação entre 480 e 500m, de litologia cristalina diversa proveniente do Proterozóico com relevo suave ondulado e plano, moderadamente dissecado, recobertos por Luvisso Crômico Órtico, Neossolos Litólico Eutrofico e Planossolo Nátrico Órtico.	Solos de alta fertilidade natural, áreas com capacidade para construção de açudes, relevo favorável para agricultura a pecuária.	Solos rasos e pedregosos, irregularidade das chuvas, áreas fortemente degradadas sofrendo processo de desertificação	Ambiente Instáveis
<b>Sertões Dissecados de Barra Nova</b>	Superfície com elevação entre 500 e 550m, de litologia cristalina diversa proveniente do Proterozóico, com relevo suave ondulado a ondulado, fortemente dissecado e recobertos por Luvisso Crômico Órtico Vertissolico, Neossolo Litólico Eutrópico Típico e Planossolo Nátrico Órtico Típico	Solos de alta fertilidade natural, abundância de material mineral para utilização pela construção civil	Solos pedregosos, relevo acentuado, alta susceptibilidade a processos erosivos superficial com formação de sulcos de erosão, áreas fortemente degradadas em processo de desertificação	Ambiente de transição com tendência a instabilidade
<b>Planícies fluviais dos Riachos Carrapateiras e Cipó</b>	Superfície de elevação entre 440m e 470m, de litologia sedimentar Holocênica, na forma de depósitos aluviais em faixas de acumulação nos junto dos vales fluviais, possuem relevo plano com presença de terraços fluviais, recobertos por uma associação de Neossolo Flúvico, Cambissolo Flúvico e Planossolo Nátrico	Solos de alta fertilidade natural e abundante aporte hídrico com possibilidade de sustentar uma vegetação decidual de porte arbóreo durante períodos de estiagem	Limitações legais no uso e ocupação dessas áreas próximas as margens dos riachos.	Ambiente de transição com tendência a instabilidade

## **6 RELAÇÕES MORFOPEDOLÓGICAS DAS ESTRUTURAS SUPERFICIAIS DA PAISAGEM NAS SUB-BACIAS DOS RIACHOS CARRAPATEIRAS E CIPÓ**

O estudo das estruturas superficiais da paisagem a partir dos estudos de Ab'Saber (1969), difundiu o conceito de geomorfologia tripartite, que consiste na ordenação dos diferentes níveis de trabalho da ciência geomorfológica. O primeiro nível abrange a realização de compartimentações regionais, descrições e caracterizações das formas de relevo, no segundo, obtém-se informações sobre a estrutura superficial da paisagem e sua evolução durante o quaternário, e o terceiro e último nível preocupa-se em compreender a dinâmica e os fatores que modelam a superfície na atualidade.

Na análise de informações sistêmicas e integradas dos fatores formadores desse conceito, é possível obter ideias a respeito da cronogeomorfologia, fundamentado no estudo das feições geomorfológicas antigas, como as superfícies de aplainamento, os relevos residuais e as formas mais recentes como feições de vertentes, pedimentos e terraços fluviais.

Sendo possível assim, propor interpretações a respeito da cinemática da paisagem ocasionada pela dinâmica dos processos paleoclimáticos e morfoclimáticos ocorridos no Quaternário. Levar em conta essa formação pretérita da paisagem a partir do resultado cumulativos destes processos, nos auxilia a compreender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais.

A fim de compreender a natureza desses processos, faz-se necessário, de forma associativa, interpretar impactos causados pela intervenção humana nestes ambientes e como eles podem desencadear mudanças sutis e complexas na paisagem.

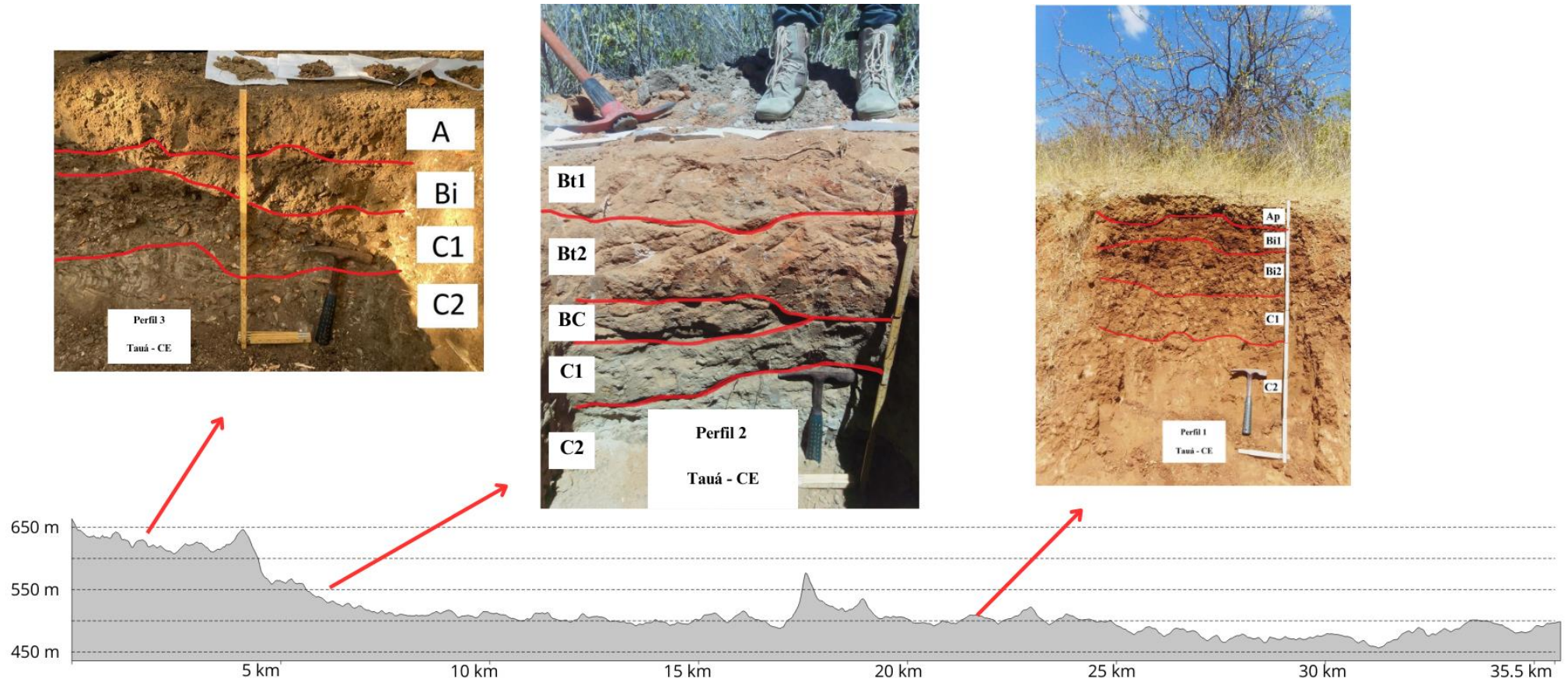
Dentre os elementos da paisagem, o solo é o mais suscetível a mudanças em decorrência do uso e ocupação humano. Como destacado por Ab'Saber (1965), essas mudanças podem ser observadas como por exemplo, no processo de desertificação em que a degradação dos ambientes naturais está diretamente associado à utilização da terra, que acaba por afetar a qualidade da vida das populações das áreas afetadas como descrito no documento produzido pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (UNCAD), a Eco-92 (BRASIL, 1995).

Degradação da terra nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes de vários fatores, entre eles as variações climáticas e as atividades humanas, sendo que por degradação da terra se entende a degradação dos solos, dos recursos hídricos, da vegetação e a redução da qualidade de vida das populações afetadas. (BRASIL, 1995, p. 149)

Nessa abordagem, a morfopedologia torna-se uma importante ferramenta para compreender as interrelações entre morfogênese e pedogênese, como forma de analisar as

condições e processos atuais alicerçados nas interpretações da dinâmica pretérita da paisagem possuindo como base a topossequência na direção NE – SO representada na figura 17. Sob essa ótica, foram subdivididos três compartimentos morfopedológicos no interior das sub-bacias da área pesquisada. Sendo eles: 1 - O compartimento dissecado, 2 - O compartimento pediplanado e 3 – O compartimento deposicional.

Figura 17: Topossequência das sub-bacias dos riachos Carrapateiras e Ciopó, direção NE - SO



Fonte:Elaborado pelo autor

## 6.1 Compartimento Dissecado

Esse compartimento compreende toda a porção leste da área de pesquisa, abrangendo os Sistemas Ambientais da Vertente Ocidental do Maciço da Pedra Branca e dos Sertões Dissecados da Barra Nova, com altitudes entre 550 e 730 m, declividade das vertentes variando de 7-15% nas zonas de menor elevação até 20-35% de declive nas áreas elevadas. A litologia, por outro lado, é contínua em todo o compartimento, com diferentes litotipos de natureza granítica e granulação fina e bastante resistente a processos intempéricos.

As características das rochas e do relevo local, proporcionam um ambiente onde a ação morfogenética prepondera em relação à pedogenética. Isso é evidenciado pela predominância de solos pedregosos, preenseça expressiva de cascalho e a textura grossa como o ilustrado no Perfil 3. Portanto, torna-se possível interpretar que o fator predominante na diferenciação da distribuição dos solos é a declividade, visto que ela está diretamente ligada à dinâmica erosiva como observado nas figuras 17 e 18.

Figura 17: Superfície de solos pedregosos com sucus de erosão na encosta oriental do Serrote do Marreco (15/05/2023)



Fonte: Acervo pessoal

A sequência da distribuição ao longo do continuum no solo do compartimento é composta pelos Neossolos Litólicos Eutróficos nas cristas e nas áreas com a declividade mais acentuada, podendo apresentar caráter chernossólico em alguns pontos, seguidos dos Chernossolos Argilúvicos Órticos nas formas de dissecção côncavas no colúvio, que

proporcionam locais para acúmulo de sedimentos e matéria orgânica que são carreados do topo do maciço da Pedra Branca, a partir dos processos pedogenéticos de adição e translocação formar esse tipo solo. Já na parte inferior da escosta, os Argissolos Vermelhos Eutróficos predominam, corroborando com a interpretação da dinâmica erosiva, pois a argiluviação ou lessivagem é o principal processo de formação desse tipo de solos em ambientes com amplo aporte de sedimentos carreados e ciclos constantes de umedecimento e secagem do solo comuns nas sub-bacias estudadas (KAMPF e CURI, 2012).

Figura 18: Vista da vegetação degradada com sucus de erosão na encosta oriental do Serrote do Marreco (15/05/2023)



Fonte: Acervo pessoal

Os solos do compartimento, apresentam granulometrias correspondentes a sua localização na vertente, contudo, a fração argila encontrada possui uma natureza semelhante, apesar de sua concentração mudar em função do tipo de solo observado.

A baixa representatividade de argilas na fração sólida do solo, principalmente em altitudes mais elevadas, desempenha um importante papel na morfologia das estruturas em blocos, formando estruturas coesas e fendilhadas, podendo assumir consistências duras a muito duras quando secas e de friáveis a firmes quando úmidas. Essas características



associadas a baixo grau de intemperismo no solo, evidenciado pela relação silte/argila resultando em valores  $>1$ , atestam a presença predominante de argilas do grupo das esmectitas.

Outra particularidade evidenciada pelo perfil é a alta concentração de matéria orgânica nos horizontes superficiais com valores superiores a  $18 \text{ g kg}^{-1}$  nos primeiros 22cm de espessura do solum (A+B), que, num perfil de 70cm até o contato litológico, ou seja, um terço da sua espessura total, classifica-o como um horizonte A chernozêmico pelo Sibics.

Essa quantidade de matéria orgânica incorporada no solo é incompatível com a vegetação atual no compartimento, além disso, a dinâmica erosiva observada não permite interpretar que essa matéria orgânica seria proveniente de um passado úmido com uma maior produção de biomassa vegetal. Logo, esse aporte deve ser proveniente de um outro ambiente, estando numa constante dinâmica de transporte.

A matéria orgânica transportada tem como principal origem o platô do maciço da Pedra Branca e é posteriormente transportada por ação pluvial. Esse maciço, por sua vez, coincide com a mancha mais expressiva de Chernossolos de todo o estado do Ceará, conforme o Levantamento exploratório dos solos do Estado do Ceará de 1973.

O platô desse maciço possui litologia da era Neoarqueana. Em função de seu modelado aplainado no topo e altitude considerável, possui maior potencialidade de acumular altas concentrações de matéria orgânica durante as flutuações climáticas entre tipos climáticos úmidos e secos durante o Quaternário. Esse quadro climático proporcionou as condições desse tipo de solo incomum ao ambiente cearense.

Tendo como base a sequência morfopedológica do compartimento, torna-se evidente que os processos geomorfogênicos preponderam e até condicionam os processos pedogenéticos. Dessa forma, o balanço entre pedogênese e morfogênese varia em função do local dentro do compartimento analisado, onde os solos pouco evoluídos estão relacionados às áreas onde a morfogênese é favorecida no balanço, se caracterizando assim um ambiente de intergrade no que diz respeito a ecodinâmica. (TRICART, 1970)

Em relação ao uso e ocupação da terra, o Compartimento Dissecado possui pouca ocupação humana, sendo sua área usada principalmente nas atividades de extrativismo vegetal e pecuária extensiva de ovinos e caprinos. Essa dinâmica deve-se à alta declividade e à predominância de solos rasos e pedregosos ao longo da Vertente.

Cabe frisar a fragilidade dessa área em relação a suas características morfopelógicas, sendo esta foco de antropismo severo como o desmatamento do estrato arbóreo para a retirada de madeira para usos múltiplos e a agricultura de subsistência em sua encosta. Tal fragilidade e mau uso do meio, propicia os processos erosivos em toda a compartimentação.

## 6.2 Compartimento Aplainado

Esse compartimento compreende toda a área oeste e central das sub-bacias abrangendo o sistema ambiental dos Sertões aplainados de Barra Nova, com altimetria variando entre 500 e 550 m, um relevo plano a suave ondulado, com declividade 0-5% com alguns pontos de exceção em feições, como inselbergs e cristas residuais onde a declividade é mais acentuada, contudo sem grande expressividade territorial.

A litologia de todo o compartimento é composta majoritariamente por rochas metamórficas como migmatitos diatexitos, que estendem-se por toda a extensão das bacias, estes litotipos promovem grande resistência aos processos intempéricos, ocasionando solos predominantemente rasos e pedregosos.

A superfície de todo o compartimento foi desenvolvida a partir do processo de pediplanação, onde os processos erosivos areolares preponderam em relações à erosão linear, que resultam no aplainamento da superfície. (Penteado, 1980). Esse efeito da erosão diferencial atua igualmente em praticamente todas as litologias, com as exceções existentes, ressaltando sobre a paisagem formas de feições como colinas e inselbergs.

O resultado desse processo é a formação dos pedimentos, que vão recobrir todo o compartimento, caracterizados por sua forma côncava, com inclinações entre 1° e 4°, posicionada entre as vertentes dos maciços e os fundos de vale (Guerra & Guerra, 2008). Essas superfícies são comuns em grande parte do território cearense e sua evolução está relacionada a dois períodos do Cenozoico: o primeiro no Pliocénico, e o segundo no Pleistoceno. (Souza, 1989)

Figura 18: Vista da vegetação degradada na superfície pediplanada dos Sertões aplainados da Barra Nova (15/05/2024)



Fonte: Acervo pessoal

Figura 19: Vista da vegetação em regeneração na superfície pediplanada dos Sertões aplainados da Barra Nova (16/03/2023)



Fonte: Acervo pessoal

As altas taxas erosivas desses ambientes são ocasionadas pelo contexto climático semiárido, que limitam a ação pedogenética em profundidade ocasionando em solos rasos, pedregosos, com abundância de minerais alteráveis e onde comumente a rocha matriz aflora. A partir dos estudos de Bigarella (2003), essas elevadas taxas de erosão são resultado da variabilidade climática com períodos úmidos e secos alternando entre si.

Essa influência dos processos erosivos associados ao regime climático alternante, favorecem o transporte de sedimentos de menor calibre, expondo os blocos parcialmente meteorizados do saprólito, que destacam-se na paisagem sertaneja na forma de caos de blocos ou *tor*. Esses processos são consequência do regime de chuva do semiárido, onde são comuns extensos períodos de estiagem que vulnerabilizam o regolito à processos erosivos, que ocorrem durante os períodos chuvosos, o qual se caracteriza por grandes volumes pluviométricos em curtos períodos de tempo.

A distribuição dos tipos de solo nesse compartimento se relaciona com os processos erosivos que truncam o relevo, visto que a declividade está associada ao grau de dissecação do relevo. O Luvissole Crômico Órtico é a classe de solos predominante em todo o compartimento, localizando-se em áreas de relevo suave ondulado, comumente associados a Neossolos Litólicos Eutróficos no topo das colinas onde os processos erosivos atuam com maior competência. Nas áreas aplainadas entre as colinas, onde os elementos mais solúveis e os sedimentos mais finos tendem a se depositar, são localizados os Planossolos Nátricos Órticos a partir do processo de sodificação.

Esta distribuição se deve aos processos pedogenéticos específicos que ocorreram em função das condições ambientais de cada ponto no compartimento, nos topos das colinas do relevo suave ondulado prepondera a erosão por ação pluvial, impedindo a formação de solos maduros, profundos e por muitas vezes, exumando a rocha-mãe.

Nas áreas de colúvio, predomina o processo de eluviação das argilas junto da formação e dissolução de compostos de Fe durante o período chuvoso, que promovem o desenvolvimento de estrutura (pedalidade), acumulando a argila nos horizontes subsuperficiais. Durante o período seco a erosão diferencial da argila nos horizontes superficiais é o principal processo que atua na formação do gradiente textural, isso acarreta uma perda na coesão dos agregados nestes horizontes tornando-os mais susceptíveis a processos erosivos como os observados nas sub-bacias que intensificam o atual processo de desertificação sofrido por estas localidades.

A gênese desses tipos de solos se correlaciona com os processos de evolução desta

paisagem, tendo em vista que, os processos pedogenéticos específicos dependem da remoção e translocação de sedimentos. Desta forma, o processo de pediplanação e a competência dos processos erosivos que o compõem geram o relevo suave ondulado que condicionam a distribuição dos solos.

O balanço morfogênese e pedogênese do Compartimento Aplainado pende em favor da morfogênese, levando em consideração que os principais processos que formam o relevo e limitam a formação e diferenciação do solo são de natureza erosiva. Dessa forma, este compartimento se enquadraria na categoria de Meio intergrade com tendência a instabilidade, conforme a classificação ecodinâmica adotada por Tricart (1970).

No que tange o uso e ocupação do compartimento, existe extensa ocupação humana, com diversas localidades pelo interior de ambas as bacias ligadas por estradas de terra. Suas principais atividades econômicas são a pecuária extensiva e o extrativismo vegetal. A pecuária extensiva possui como enfoque a criação de caprinos e ovinos, principalmente em pequenas propriedades, por outro lado a criação de gado está relacionada a propriedades maiores.

Já o extrativismo vegetal, tem como foco a retirada da madeira como lenha ou matéria-prima para construção de cercas e a agricultura de subsistência de culturas como, milho, feijão, sorgo e palma. As terras com produção são muitas vezes utilizadas de forma coletiva pelos pequenos vilarejos espalhados pelo interior das bacias, seja ela arrendada ou cedida por grandes proprietários.

É importante frisar o grande impacto ambiental causado sobretudo pela pecuária associada ao extrativismo vegetal nas bacias, pois essas atividades causam a retirada da vegetação e por consequência expondo o solo aos rigorosos processos erosivos que ocorrem na área. Por conta das características ambientais, essa área é historicamente utilizada, como consequência impactada pela ação antrópica levando a níveis alarmantes de degradação chegando a se tornar um dos núcleos de desertificação do Estado do Ceará, como o apontado pelo Programa de ação Estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca – PAE-CE (CEARÁ, 2010).

### **6.3 Compartimento Depositional**

O compartimento compreende a área central das sub-bacias hidrográficas seguindo as áreas de acumulação de sedimento próximas às margens da drenagem fluvial, abrangendo o Sistema Ambiental da Planície Fluvial dos Riachos Carrapateiras e Cipó. A altimetria varia entre 440 a 480 m, com relevo plano de declividade entre 1 e 5%. Esse compartimento é o

menos expressivo em relação à extensão territorial, tendo em vista que, as planícies fluviais formadas nas sub-bacias encontram-se encaixadas no embasamento cristalino, limitando a dimensões das áreas de deposição de sedimentos.

A litologia é formada por depósitos aluvionares cenozóicos constituídos de sedimentos areno-argilosos, formando um estreito depósito nas margens do drenagem na nascentes, alargando-se à medida que se chega ao médio e baixo curso, decorrentes de processos erosivos e fluviais, submetidos à inundação durante os períodos chuvosos.

As feições que compõem o relevo deste compartimento são, em sua maioria, originadas por processos fluviais, que constituem diferentes níveis escalonados de terraços suportados por cascalhos, seixos, matacões e outros sedimentos grosseiros.

A distribuição do solo nesse compartimento portanto está também diretamente ligada aos processos de transformação do espaço causado pela presença da rede de drenagem, que no contexto do continuum do solo no interior da bacia, torna-se a zona de deposição dos sedimentos frutos dos diversos processos erosivos já abordados anteriormente. Dessa forma, as principais tipologias de solo encontradas são associações de Neossolos Flúvicos, Planossolos Nátricos e Cambissolos Flúvicos.

Por se tratar desta área deposicional, os solos apresentam características distintas dos demais compartimentos, sendo encontrados solos profundos (>2 metros), possuindo textura Franca ou mais grossa com expressivas quantidades de silte. Contudo, a granulometria entre os horizontes possui grande variabilidade, demonstrando as diferenças na competência na mobilização de sedimentos da rede de drenagem, o que proporciona o caráter flúvico encontrado nos solos do compartimento.

O balanço entre morfogênese e pedogênese do Compartimento Fluvial está correlacionado com a dinâmica fluvial atual e a preservação da vegetação de mata ciliar nas adjacências dos cursos fluviais. Levando em consideração a dinâmica fluvial, que protorcina locais onde a morfogênese e os processos erosivos são predominantes e locais onde a deposição de material e sua posterior pedogênese prevalecem. Dessa forma, a ecodinâmica da área se configura como uma zona de transição tendendo à estabilidade.

Devido ao histórico do uso e ocupação, a área sofre extensa degradação decorrente da prática da extração vegetal, que consiste na retirada das espécies nativas e a substituição por áreas agrícolas e pastagens. Em locais onde a degradação é menos intensa, é possível observar uma comunidade vegetal de estrato herbáceo denso, com espécies de grande porte, como o Juazeiro (*Ziziphus joazeiros*) e o Pereiro (*Aspidosperma pirifolium*), que remontam como seriam as condições ecológicas da vegetação primária local (GONSALVEZ, 2003) como pode

ser observado na figura 20.

Figura 20: Vista da vegetação da planície fluvial do riacho Carrapateiras com destaque ao Pereiro (*Aspidosperma pirifolium*) (17/04/2023)



Fonte: Acervo pessoal

Em decorrência da retirada da mata ciliar originária do compartimento, as taxas de retenção de sedimentos carreados por ação fluvial é severamente afetada, contribuindo para a erosão dos solos, assoreamentos do leito dos riachos e por consequência a diminuição da biodiversidade vegetal e animal. Tendo visão das dimensões que o impacto causado pela ação antrópica cabe reavaliar o contexto ecodinâmico, pois em função destes impactos o ambiente pende, no balanço morfogênese X pedogênese, para uma condição de transição com tendência a instabilidade.

O Código Florestal Brasileiro impõe restrições perante o uso e ocupação das áreas nas margens de rios de riachos, em que cursos hídricos de até 10 metros de largura do leito, devem ter sua mata ciliada preservada em até 30 metros da margem. Contudo, em virtude das necessidades da população local o uso indiscriminado da mata provoca o desmatamento dessas áreas.

Dessa forma, considerando as restrições legais no seu uso e ocupação, se faz

necessário um planejamento sustentável para a utilização da área levando em consideração suas potencialidades e limitações naturais e legais. Uma alternativa, considerando a importância deste compartimento no que diz respeito a preservação e a importância da capacidade de produção de alimentos para muitas famílias na área, seria adotar uma estrutura de gestão coletiva da área com políticas públicas voltadas ao reflorestamento de espécies nativas com grande potencial de produção de alimento, a fim de restabelecer as condições ecológicas semelhantes às das comunidades primitivas, tendo em vista a utilização antrópicas sustentável destas áreas.



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo da estrutura superficial da paisagem das sub-bacias dos riachos Cipó e Carrapateiras foi fundamentado pela análise dos sistemas ambientais e pela dinâmica da morfopologia da paisagem. Pode-se compreender também as dinâmicas que regem a distribuição dos solos ao longo da catena e o impacto da semiaridez nos níveis de degradação destes.

A realização da topossequência teve grande importância na compreensão da distribuição das características morfopedológicas ao longo do continuum do solo, tendo em vista que os processos de formação específicos dos tipos de solo encontrados está diretamente associado aos processos erosivos predominantes nas sub-bacias.

Os processos erosivos areolares e lineares condicionaram a formação de solos pouco profundos e pedregosos no território das bacias, predominando entre eles: os Neossolos Litólicos nas cristas, inselbergs e nas áreas mais declivosas da vertente ocidental do maciço da Pedra Branca, Chernossolos Argilúvicos nas áreas coluviais da vertente e os Luvisolos Crômicos nas superfícies pediplanadas dos sertões da Barra Nova.

O alinhamento dos fatores solo-relevo-ocupação propiciaram a uma maior degradação da paisagem, propiciando a um ambiente de transição tendendo a instabilidade. Considerando que o balanço ecodinâmico é propenso à ação morfogenética em detrimento da pedogênese.

Tal análise também foi verificada em seus sistemas ambientais, sendo os Sertões Aplainados e os Sertões Dissecados da Barra Nova os sistemas de ecodinâmica mais susceptíveis a processos erosivos de degradação e desertificação dos solos, dada a suas características naturais como: o alto déficit hídrico do solos, a pouca cobertura vegetal e a instabilidade climática da região.

No que se diz a respeito do uso e ocupação da terra, observou-se práticas voltadas para a agricultura de subsistência, o extrativismo vegetal e a pecuária extensiva de bovinos, caprinos e ovinos. Tais práticas realizadas de forma familiar, rudimentar e com ausência de uso sustentável dos recursos naturais, acabaram por agravar os processos degradacionais presentes nas sub-bacias, afetando em diferentes níveis os sistemas ambientais.

Portanto, este estudo propiciou a compreensão da evolução e composição da estrutura superficial da paisagem durante o Quaternário, subsidiando de maneira prognóstica futuros estudos e diagnósticos ambientais com foco na evolução dos solos das sub-bacias.

Dada as limitações presentes em seus solos, que mesmo tendendo a fertilidade possuem limitadores físicos como a deficiência hídrica, a alta pedregosidade e a compactação causada pela pecuária extensiva; faz-se necessário a implementação de práticas

conservacionistas pelos entes civis (poder público e a sociedade civil), como o reflorestamento por meio de espécies nativas e o plantio de culturas e criação de animais compatíveis ao ambiente e ao uso da terra pelas comunidades locais.

## REFERÊNCIAS

- ABRAHAM, E. M.; BEEKMAN, G. B. **Indicadores de la desertificación para América del Sur**. IICA-BID ATN JF. Mendoza, Argentina: LaDyOT / IADIZA / CONICEF / IICA, 2006.
- ABRAHAM, E. M.; MONTAÑA, E.; TORRES, L. Procedimiento y marco metodológico para la obtención de indicadores de desertificación en forma Participativa. In: ABRAHAM, E. M. e BEEKMAN, G. B. **Indicadores de la Desertificación para América del Sur**. Editorial Martín Fierro. Mendoza: 2006.
- ARCHELA, R. S. Bibliografia analítica das pesquisas em cartografia e a cartografia escolar no Brasil. **Boletim de Geografia**, v. 19, n. 2, p. 334-346, 2001.
- BARBOSA, P. A. C. **Qualidade física do solo submetido à prática de pousio em área sob processo de desertificação**. 2017. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BARRETO, L. L. Indicadores geobiofísicos de suscetibilidade à desertificação nas serras de Uruburetama, da Meruoca e nos sertões do Centro Norte – Ceará – Brasil. 2018. 176f. **Tese (Doutorado em Geografia) -Universidade Federal do Ceará**, Fortaleza, 2018.
- BELTRAME, A. V. da. Uma aplicação do sensoriamento remoto no planejamento físico das bacias hidrográficas. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 4, n. 1, p. 37-41, mar. 1994.
- BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. Caderno de ciências da terra, n.13, 1971.
- BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. São Paulo: Caderno de Cien. da Terra, nº 13, 1972.
- BOULET, R. (1978) **Toposéquences de sols tropicaux en Haute Volta: équilibres et déséquilibres pédobioclimatiques.**, Mém. ORSTOM, v.85, 272 p
- BOULET, R.; HUMBEL, F. X.; LUCAS, Y. Analyse structurale et cartographie en pédologie I. Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique: les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des cols. **Cahiers ORSTOM**, v.19, n.4, p. 309-322, 1982.
- BREVIK, E. C.; CALZOLARI, C.; MILLER, B. A.; PEREIRA, P.; KABALA, C.; BAUMGARTEN, A.; JORDÁN, A. Soil mapping, classification, and pedologic modeling: History and future directions. **Geoderma**, v. 264, p. 256–274, 2016. DOI: 10.1016/j.geoderma.2015.05.017.
- BRITO, E. G. **Sistemas Ambientais Semi-Áridos e as Evidências de Degradação/Desertificação no Município de Canindé - Ceará – Brasil**. Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual

do Ceará, Fortaleza, 2005.

BUOL S. W.; HOLE F. D.; MCCracken R. J. **Soil genesis and classification**, 1ª Ed. Iowa State University Press, Ames, 1973. 360p

CABRAL, Léya J. R. S. **Levantamento pedológico da planície do delta do Parnaíba, PI**, 2018

CALASANS, N. A. R.; LEVY, M. C. T; MOREAU, M. Interrelações entre clima e vazão. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Orgs.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2005, p. 67-90.

CAMPOS, M. C. C. Relações solo-paisagem: conceitos, evolução e aplicações. **Revista Ambiência**, v. 8, n. 3, p. 963–982, 2012.

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S. de; RIBEIRO FILHO, M. R.; ALMEIDA, M. C. de. Relações solo-superfície geomórfica em uma topossequência várzea-terra firme na região de Humaitá (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36 p. 325-336, 2012. DOI: 10.1590/S0100-06832012000200002

CARVALHO, A. T. F. Metodologia para avaliação de sustentabilidade hidroambiental para projetos de intervenções em rios perenes (MASRios). Tese (Doutorado) - **Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2018. 155f.

CARVALHO, C.C.N.; NUNES, F.C.; ANTUNES, M. A.H. Histórico do levantamento de solos no Brasil: da Industrialização brasileira à era da informação. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 5, n. 65, p. 997-1013, 2013.

CASTRO, S. S. Solo e relevo: pontos para um resgate histórico sobre o estudo das interrelações. **WMD Geomorfologia**, v. 2, n. 1, p. 1-36, 2021. DOI: <https://doi.org/10.48025/ISSN2675-6900.v2n1.2021.138>.

CEARÁ. Assembleia Legislativa. **Caderno regional da bacia do Curu** / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos. SANTANA, E.W. de (Coordenador). – Fortaleza: INESP, 2009

CELARINO, A. L. S; LADEIRA, F. S. B. Mineralogy of the clay fraction of soils on topossequence in a transition slope quaternary alluvial sediments of the Mogi Guaçu river in the Ecological Station of Jataí, Luis Antônio, SP. **Geociências**, v. 1, n. 30, p. 47-61, 2011.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1999.

CONACHER, A. J.; DALRYMPLE, J. B. The nine unit land surface model: An approach to pedogeomorphic research. **Geoderma**, v. 18, p. 1–154, 1977.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia e meio ambiente**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

CURCIO, G. R.; UHLMANN, A.; SEVEGNANI, L. A Geopedologia e sua Influência sobre

espécies arbóreas de florestas fluviais. **Colombo: EMBRAPA FLORESTAS**, 2006. 31p. Nota técnica n. 135.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro. RJ). Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos/Humberto Gonçalves dos Santos et al. Brasília: **EMBRAPA**, SPI. 1995.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro. RJ). Manual de Métodos de Análises de Solos/Paulo Cesar Teixeira et al: **EMBRAPA**, SPI, 3a ed., 2017. 32. EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 1.ed. Brasília: 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. Espindola, 2014

ESPINDOLA, C. R. A institucionalização da pedologia como ciência por Friedrich Albert Fallou – o caso brasileiro. **Revista do Instituto Geológico**, v. 35, n. 1, p. 61-70, 2014. DOI: 10.5935/0100-929X.20140005

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Soil Survey Staff. **Soil survey manual**. Rev. enlarg. ed. Washington, D.C., 1993. 437 p. (USDA. Agriculture Handbook, 18)

FARSHAD, A.; ZINCK, J. A.; SHRESTHA, D. P. Geopedology Promotes Precision and Efficiency in Soil Mapping. Photo Interpretation Application in the Henares River Valley, Spain. In: ZINCK, J. A.; METTERNICHT, G.; BOCCO, G.; VALLE, H. F. del (ed.). **Geopedology - An Integration of Geomorphology and Pedology for Soil and Landscape Studies**. Switzerland: Springer, 2016. p. 347–360.

GOMES, Raul Carneiro; BIANCHI, Christina; DE OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal. Análise da Multidimensionalidade dos Conceitos de Bacia Hidrográfica. **GEOgraphia**, [s. l.], v. 23, n. 51, 2021.

GRIGORIEV, A. A. **The Interaction of Science in the Study of the Earth**. Moscou: Progresso (1968)

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org). **Geomorfologia e Meio ambiente**. 3.ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

HILGARD, E.W. Soils, Their Formation, Properties, Composition, and Relations to Climate and Plant Growth in the Humid and Arid Regions. **New York, Macmillan**, 1907. 593p. DOI: 10.5962/bhl.title.24461.

HOLE, F. D. An approach to landscape analysis with emphasis on soils. **Geoderma**, v. 21, n. 1, p. 1-23, 1978.

JENNY,H. **Factors of soil formation: a system of quantitative pedology**. New York:

McGraw-Hill, 1941. 281p.

JUNGERIUS P. D. Soils and geomorphology. In: Jungerius PD (Ed.). **Soils and geomorphology**, v. 6, Catena supplement. Catena Verlag, Cremlingen, 1985. p. 1–18.

KELLOGG, C. E. Soil Survey Manual. **U.S. Department of Agriculture Miscellaneous Publication**, Washington, D.C., USA. 1937.

LEPSCH, I. F. **19 Lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos. 2011, 456p.

LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p.33-43.

Lyu, Y.; Shi, P.; Han, G.; Liu, L.; Guo, L.; Hu, X.; Zhang, G. **Desertification Control Practices in China**. Sustainability 2020, 12, 3258. <https://doi.org/10.3390/su12083258>.

Machado, D. F. T.; Castro, S. S.; Ladeira F. S. B. A Geopedologia como abordagem metodológica para o levantamento de solos: uma breve discussão **Revista Brasileira de Geomorfologia**. 2022, v.23, n.4; (Out-Dez). DOI: 10.20502/rbg.v23i4.2146

MARBUT, C. F. A scheme of soil classification. In: **FIRST INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE**, 1, 1927, Washington. Proceeding... Washington: Edited by Waskman, S.A.; Deemer, R.B., 1927. p. 1-31.

MARTINS, F.B. et al. Zoneamento Ambiental da sub – bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS). Estudo de caso. **Cerne**, Lavras, v.11, n.3, p.315-322, jul./set. 2005.

MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília: UNESCO, 2001.

MELLO, F. A. O. Compartimentação da paisagem via relevo e rede de drenagem e sua relação com atributos e classes de solos. Dissertação (Mestrado) - **Curso de Solos e Nutrição de Plantas**, Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2019. 65p.

MENDES, W. P. de O.; CRUZ LEMOS, R. C.; LEMOS, L. G. de O.; CARVALHO, R. J. **Contribuição ao mapeamento em séries dos solos do Município de Itaguaí**. Rio de Janeiro: CNEPA: IEAE, 1954. 53 p.

MÉNDEZ, C. E. C.; DUALIBY, Y. del C. A. Implementación del mapa de geopedología como base para la delimitación de unidades de ecosistemas a nivel nacional en Colombia. **Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica**, v. 20, n. 1, p. 175–185, 2017. DOI: 10.31910/rudca.v20.n1.2017.74

MIGUEL, P. **Caracterização pedológica, uso da terra e modelagem da perda de solo em áreas de encosta do rebordo do planalto do RS**. (Dissertação de Mestrado). Santa Maria: UFSM, 2010.

MILNE, G. A Soil Reconnaissance Journey Through Parts of Tanganyika Territory December

1935 to February 1936. **Journal of Ecology**, v. 35, n. 1/2, p. 192–265, 1947.

MILNE, G. Some suggested units of classification and mapping particularly for East African soils. *Soil Research - Bodenkundliche Forschung*, **Supplement to the Proceedings of the International Union of Soil Science IV**, v. 4, n. 3, p. 183-198, 1935.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Zoneamento Ecológico-Econômico: diretrizes metodológicas para o zoneamento ecológico-econômico do Brasil**. 3ª ed. Brasília: MMA (2006).

MORAGAS, W. M. **Análise dos sistemas ambientais do Alto Rio Claro- sudoeste de Goiás: contribuição ao planejamento e gestão**. Tese de Doutorado. Rio Claro, 2005.

NASCIMENTO, P do. C.; LANI, J. L.; ZOFFOLI, H. J. O. Characterization, classification, and genesis of hydromorphic soils in coastal regions of the state of Espírito Santo, Brazil. **Científica (Jaboticabal)**, v. 41, n. 1, p. 82-93, 2013.

OLIVEIRA, L. B. DE . et al.. Micromorfologia e gênese de luvisolos e planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semi-árido brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2407–2423, nov. 2008.

ODUM, P. E. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. p. 434.

OLIVEIRA, V. P. V. de. Indicadores biofísicos de Desertificação, Cabo Verde/ África. **Revista Mercator (UFC)**, v. 10, p. 147-168, 2011.

OLIVEIRA, V. P. V. de. Sistemas Ambientais de Santiago-Cabo Verde (África): Indicadores Biofísicos de Desertificação. In: Vlândia Pinto Vidal de Olivera; Isildo Gonçalves Gomes; Isaurinda Baptista; Laudemira Silva Rabelo. (Org.). **Sistemas Ambientais de Santiago-Cabo Verde (África): Indicadores Biofísicos de Desertificação**. Fortaleza: Edições UFC, 2012, p. 37-89.

OLIVEIRA, V. P. V. de; PRINTZ, A. ; SCHMIDT, S. ; BEZERRA, C. L. F. . Sustainability of Natural Resource use in the Municipality of Tauá. In: Thomas Gaiser, Maarten Krol, Horst Frischkom, José Carlos Araújo and Frieder Graef. (Org.). **Global Change Regional Impacts**. Berlin: Spring-Verlag, 2003, v. 1, p. 305-322.

OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal de. Estudos integrados na estruturação dos sistemas ambientais e no ordenamento territorial. In: DENARDIN, Valdir Frigo; ALVES, Alan Ripoll. **Desenvolvimento Territorial: olhares contemporâneos**. Londrina: Mecenias Ltda., 2019. Cap. 5. p. 77-89.

PAULA, E. V. ; SANTOS, L. J. C.; UBER, J. A. Análise da Suscetibilidade Geopedológica à Produção de Sedimentos na Área de Drenagem da Baía de Antonina/PR. **Revista de Geografia**, v. 2, p. 134-147, 2010.

PINHEIRO, Rosângela Maria Paixão. **Sub-bacias hidrográficas do Alto Jaguaribe (Tauá-CE): vulnerabilidades ante a incidência de degradação / desertificação**. 2003. 193 f. : Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa Regional em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza-CE, 2003

PINHEIRO, Rosângela Maria Paixão. **Sub-bacias hidrográficas do Alto Jaguaribe (Tauá-CE): vulnerabilidades ante a incidência de degradação / desertificação**. 2003. 193 f. : Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Programa Regional em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Fortaleza-CE, 2003

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. (Orgs.). **Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, 2005, p. 17-35.

QUEIROZ NETO, J. P. de. Relações entre as vertentes e os solos: revisão de conceitos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, p. 15–24, 2011. DOI: 10.20502/rbg.v12i0.255

RAMMAN, F. Forstliche Bodenkunde und Standortslehre. Berlin: **Verlag von Julius Springer**, 1893. 480p.

RAMOS D. P. **Desafios da Pedologia Brasileira frente ao novo milênio - (CNPQ/EMBRAPA)**. In: SIMPÓSIO DO XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Ribeirão Preto, SP, 2003. Anais... Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo,- 2003. 9p.

ROCHA, J. S. M. da; KURTZ, S. M. J. M. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. 4. ed. Santa Maria: UFSM, 2001. 302 p.

RODRIGO-COMINO, J. SENCIALES, J. M.; CERDÀD, A.; BREVIKE, E. C. The multidisciplinary origin of soil geography: A review. **Earth-Science Reviews**, v. 177, p. 114–123, 2018. DOI: 10.1016/j.earscirev.2017.11.008

RODRIGO-COMINO, J. **Un análisis geomorfológico y edafogeográfico del territorio**. Saarbrücken: Editorial Académica Española, 2017. 128p.

ROSA, L. A. S. A Bacia Hidrográfica como Unidade Territorial de Gestão Ambiental no Programa de Revitalização. Brasília: Universidade de Brasília, 2011. 91p. ROSS, J. S. L. **Ecogeografia do Brasil: Subsídios Para o Planejamento Ambiental**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

ROSS, J.S. O relevo brasileiro nas macroestruturas antigas, **Revista Continentes**, ano 2, n.2, 2013.

ROSSITER D. G. **Methodology for soil resource inventories**. Enschede: International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), 2000. 132p. Lecture notes, 2nd revised version.

RUHE, R.V. **Geomorphology, Geomorphic processes and surficial geology**. Houghton Mifflin: Boston, 1975. 246p.

SAMPAIO, E. V. B.; YONY, S.; VITAL, T.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, G. R. **Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência**.



Recife: Editora Universitária UFPE, 2003.

SANTANA, D.P. Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas. **Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo**, 2003. 63p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 30).

SANTOS, L. J. C. Contribuição da análise estrutural da cobertura pedológica ao desenvolvimento da ciência do solo. **Revista RA'EGA**, n. 4, p. 131–138, 2000. DOI: 10.5380/raega.v4i0.3344

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C.; SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. Ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2005.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.184p.

SILVA, E. R. O Curso da Água na História: simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos. 1998. 201.f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública. **Escola Nacional de Saúde Pública**. Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 1998.

SILVA, EGB; OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal de. Identificação das áreas susceptíveis à desertificação no estado do Ceará: antecedentes cartográficos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. 1269-1280, 2017.

SILVA, G. M. Estudo da vulnerabilidade ambiental devido à expansão urbana na bacia hidrográfica do Ribeirão Taboca (DF). Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - **Curso de Engenharia Ambiental**, Universidade de Brasília, Brasília, 2019. 77p.  
SOIL SURVEY STAFF. **Soil Survey Manual**. 2017

SOUSA, M.L.M. de ; OLIVEIRA, V. P. V. de . **Análise Ambiental como Base ao Zoneamento Ecológico-Econômico na Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Figueiredo**, Ceará, Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, v. II, p. 1-11, 2011.

SOUZA, Marcos José Nogueira; SANTOS, Jader de Oliveira; DE OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal. **Sistemas Ambientais e Capacidade de Suporte na Bacia Hidrográfica do Rio Curu - Ceará**. , [S.l.], n. 1, p. 119-143, jul. 2017. ISSN 2317-8825.

SOUZA, Marcos J. Nogueira. **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000. 268 P. parte I, p. 06 – 104.

TRICART, J. **Principes et méthodes de la Géomorphologie**. Masson: Paris, 1965. 496 p.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE (1977)

TRICART, Jean. **Paisagem e Ecologia**. Traduzido por Carlos A. F. Monteiro, SP: Instituto de Geografia; USP, 1981.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. In: VIDAL-TORRADO, P.; ALLEONI,

L. R. F.; COOPER, M.; SILVA, A. P.; CARDOSO, E. J. (Ed.). Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v.4, p.145-192, 2005.

ZINCK J. A. **Physiography and soils**. Enschede: International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), 1988. 161p. Lecture notes.

ZINCK, J. A. **Geopedología: Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales**. Ensched: International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation, 2012. 123 p.

ZINCK, J. A.; METTERNICHT, G.; BOCCO, G.; VALLE, H. F. del (ed.). **Geopedology - An Integration of Geomorphology and Pedology for Soil and Landscape Studies**. Switzerland: Springer, 2016. 551p.

## APÊNCICE A - TABELA COM DADOS MORFOLÓGICOS DOS PERFIS SOLOS DAS SUB-BACIAS DOS RIACHOS CARRAPATEIRAS E CIPÓ

---

### PERFIL 1

**Classificação:** CAMBISSOLOS FLÚVICOS Carbonáticos típicos

**Altitude:** 477m

**Coordenadas:** 5°30'37.4" S / 40°01'55.6"

**Uso Atual:** Campo agrícola

**Vegetação:** Caatinga arbórea associada a mata ciliar

**Erosão:** Erosão Laminar

**Pedregosidade:** Ligeiramente Pedregoso

**Rochosidade:** Não rochoso

---

Ap - 0 – 15cm (10YR 3/3 – Bruno escuro) e (7,5YR 3/2 – Bruno escuro); Franca; forte grande em blocos; pouco cascalhento; ligeiramente dura a firme; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana e abrupta; raízes médias e abundantes.

Bi1 – 15 – 27cm (7,5YR 3/4 – Bruno escuro) e (5YR 2,5/2 – Bruno escuro avermelhado); Franca; moderada média em blocos; pouco cascalhento; dura a firme; plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana clara; raízes finas e poucas.

Bi2 – 27 – 43cm (7,5YR 3/4 – Bruno escuro) e (5YR 3/2 – Bruno escuro avermelhado); Franca; moderada média em blocos; pouco cascalhento; dura a friável; plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana e difusa; raízes muito finas e poucas.

C1 – 43 – 97cm (7,5YR 4/3 – Bruno) e (7,5YR 2,5/3 – Bruno muito escuro); Franco Siltosa; forte media em blocos; sem cascalho, muito dura a muito friável; ligeiramente plástico e pegajoso; transição plana gradual; raízes muito finas e poucas.

C2 – 97cm+ (7.5YR 5/3 – Bruno) e (7,5YR 3/4 – Bruno escuro); Franco Arenosa; Forte média em blocos; pouco cascalhenta; muito dura a muito friável; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição plana; raízes muito finas e poucas.

## ANÁLISE QUÍMICA

Hor	C	M.O.	pH	P	K	Ca	Mg	Na	Al	H+Al	SB	CTC	V
				mg.kg <sup>-1</sup>					cmolc.kg <sup>-1</sup>			-----%-----	
<b>Ap</b>	2,72	4,68	7,2	74	1,75	231,2	120,4	3,81	N. D.	N. D.	357,1	357,1	100
<b>Bi1</b>	6,48	11,17	7,5	17	1,93	175,3	73,2	9,26	N. D.	N. D.	259,7	259,7	100
<b>Bi2</b>	8,63	14,88	7,2	12	1,89	223,3	87,1	9,62	N. D.	N. D.	321,9	321,9	100
<b>C1</b>	6,42	11,06	7,4	17	1,99	204,3	70,8	7,92	N. D.	N. D.	285,0	285,0	100
<b>C2</b>	7,36	12,70	7,0	43	1,75	180,8	66,0	5,54	N. D.	11,1	254,1	265,2	96

## ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Hor.	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA
<b>AP</b>	96	381	349	174
<b>Bi1</b>	89	384	316	210
<b>Bi2</b>	73	445	314	169
<b>C1</b>	47	431	508	14
<b>C2</b>	79	524	389	8

**PERFIL 2****Classificação:** LUVISSOLOS CRÔMICOS Órticos típicos**Altitude:** 565m**Coordenadas:** 5°30'37.4" S / 40°01'55.6"**Uso Atual:** Pasto e extração de estacas para cercas**Vegetação:** Caatinga arbustiva hiperxerófitas**Erosão:** Sulcos erosivos de até 20cm**Pedregosidade:** Ligeiramente Pedregoso**Rochosidade:** Não rochoso

Bt1 - 0 – 15cm (7,5YR 6/6 – Amarelo avermelhado) e (2,5YR 4/6 – Vermelho); Franca arenosa; moderada média em blocos; pouco cascalhento; ligeiramente dura a friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição ondulada e clara; raízes muito finas e poucas.

Bt2 – 16 – 35cm (7,5YR 5/6 – Bruno forte) e (5YR 4/4 – Bruno avermelhado); Franca arenosa; moderada pequena em blocos; pouco cascalhento; dura a friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana abrupta; muito finas e poucas.

BC – 36 – 44cm (7,5YR 3/4 – Bruno escuro) e (5YR 3/2 – Bruno escuro avermelhado); Areia franca; fraca pequena granular; cascalhento; ligeiramente dura a muito friável; não plástica e não pegajosa; transição irregular; raízes médias e muito poucas.

C1 – 45 – 55cm (7,5YR 4/3 – Bruno) e (7,5YR 2,5/3 – Bruno muito escuro); Franco Siltosa; forte média em blocos; sem cascalho, muito dura a muito friável; ligeiramente plástica e pegajosa; transição plana gradual; raízes muito finas e poucas.

C2 – 56cm+ (7,5YR 5/3 – Bruno) e (7,5YR 3/4 – Bruno escuro); Franco Arenosa; Forte média em blocos; pouco cascalhenta; muito dura a muito friável; ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição plana; raízes muito finas e poucas.

## ANÁLISE QUÍMICA

Hor	C	M.O.	pH	P mg.kg <sup>-1</sup>	K	Ca	Mg	Na	Al	H+Al	SB	CTC	V
				-----cmolc.kg-1-----						-----%-----			
<b>B1</b>	11,09	19,12	6,4	6	1,53	44,9	15,5	2,94	N. D.	6,3	64,8	71,1	91
<b>B2</b>	5,22	9,00	6,4	3	1,49	47,3	15,2	2,94	N. D.	8,7	67,0	75,7	89
<b>BC</b>	2,81	4,84	6,6	30	1,18	23,5	6,6	1,98	N. D.	10,3	33,3	43,6	76
<b>C1</b>	1,91	3,30	6,7	22	1,09	18,4	7,7	2,35	N. D.	10,3	29,6	39,9	74
<b>C2</b>	4,33	7,46	6,8	8	0,83	12,1	8,2	2,51	N. D.	3,2	23,7	26,9	88

## ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Hor.	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA
<b>B1</b>	245	344	211	200
<b>B2</b>	215	352	309	124
<b>BC</b>	348	439	149	64
<b>C1</b>	340	489	113	57
<b>C2</b>	549	297	119	35

### PERFIL 3

**Classificação:** CHERNOSSOLOS RÊNDZICOS Líticos fragmentários

**Altitude:** 594m

**Coordenadas:** 5°30'41.6" S / 40°02'49.8"

**Uso Atual:** Pasto e extração de estacas para cercas

**Vegetação:** Caatinga arbórea

**Erosão:** Eosão Laminar

**Pedregosidade:** Pedregoso

**Rochosidade:** Não rochoso

---

A – 0-14cm (2,5YR 3/1 – Cinza avermelhado escuro) e (5YR 2,5/1 – Preto); Franco arenosa; forte média em blocos; cascalhento; muito dura a firme; ligeiramente plástico e pegajoso, transição plana e clara, muitas raízes e finas.

Bi – 14-22cm (5YR 3/2 – Bruno avermelhado escuro) e (5YR 2,5/1 – Preto); Franco arenosa; forte grande em blocos; pouco cascalhento; muito duro a muito firme, plástico e muito pegajoso, transição abrupta e ondulada, raízes medias e abundantes.

C1- 22 - 40cm (5YR 3/2 – Bruno avermelhado escuro) e (5YR 2,5/1 – Preto); Franco arenosa; moderada pequena em blocos; muito cascalhento, ligeiramente duro a friável; ligeiramente plástico e pegajoso, transição abrupta e ondulada, raízes poucas e finas.

CR- 44-70cm (5YR 5/1 – Cinza) e (7,5YR 4/2 – Bruno); Franco arenosa; fraca grande em blocos; muito cascalhento; ligeiramente duro a friável; ligeiramente plástico e pegajoso, transição ondulada, contato litológico, ausência de raízes.

## ANÁLISE QUÍMICA

Hor	C	M.O.	pH	P	K	Ca	Mg	Na	Al	H+Al	SB	CTC	V
				mg.kg <sup>-1</sup>				cmolc.kg <sup>-1</sup>				%	
<b>A</b>	17,60	30,35	6,5	30	2,72	91,5	19,8	1,54	N. D.	19,0	115,6	134,6	86
<b>Bi</b>	19,74	34,04	6,5	20	2,28	148,9	21,5	1,73	N. D.	31,7	174,4	206,1	85
<b>C1</b>	10,04	17,31	6,7	22	1,96	68,7	11,0	1,63	N. D.	14,3	83,4	97,7	85
<b>CR</b>	3,78	6,52	6,8	18	1,75	81,0	14,3	1,86	N. D.	10,3	98,9	109,2	91

## ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Hor.	AREIA GROSSA	AREIA FINA	SILTE	ARGILA
<b>A</b>	327	338	200	135
<b>Bi</b>	201	418	210	171
<b>C1</b>	422	332	121	125
<b>CR</b>	316	423	155	106